Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER
UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 17 (SEITE 385—400) 29. APRIL 1927 FÜNFZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland RM 9.—. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 1.— zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24 erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: 1/1 Seite RM 150.—; Millimeter-Zeile RM 0.35. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseinganges. Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadr.: Springerbuch.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Fünfzehnter Jahrgang 29. April 1927 Heft 17

Untersuchung der Formen, welche Tropfen und Wirbel gelatinierender Flüssigkeiten in verschiedenen koagulierenden Lösungen annehmen[1]).

Von EMIL HATSCHEK, London.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung von Professor D'ARCY THOMPSON unternommen. Dieser hatte in einem Brief an die „Nature" (8. August 1918) und in privatem Briefwechsel mit dem Verfasser die Ansicht ausgesprochen, daß viele organische Formen den Symmetrien schwingender Körper nahezu entsprechen, und daß viele andere Organismen in auffallender Weise an Formen erinnern, wie sie vorübergehend durch Spritzer und Wirbel erzeugt werden. Es galt, diese Annahme experimentell zu prüfen.

Bei den üblichen Methoden zur Wirbelerzeugung läßt man Tropfen einer gefärbten Flüssigkeit in eine andere Flüssigkeit fallen, die mit der ersten völlig mischbar ist[2]), oder man läßt Flüssigkeitsstrahlen in die zweite Flüssigkeit eintreten[3]). Dabei folgen sich die verschiedenen Phasen des Phänomens mit so großer Geschwindigkeit, daß entweder ungewöhnlich scharfe Beobachtungen oder photographische Momentaufnahmen erforderlich sind, wenn man irgendeine bestimmte Phase isolieren will. Aber auch wenn man von diesen Schwierigkeiten absieht, sind solche Verfahren nicht geeignet, organische Formen nachzubilden. Denn Organismen können unmöglich aus Flüssigkeit allein bestehen, sie sind entweder von Membranen umschlossene kolloide Lösungen, oder sie zeigen die physikalischen Eigenschaften von Gelen.

Dem Verfasser lag einerseits daran, verschiedene Phasen des Wirbels für die Dauer zu erhalten, andererseits wollte er der Natur möglichst nahekommen auch in bezug auf sekundäre, möglicherweise wichtige Merkmale. Beides hoffte er zu erreichen, wenn er ein gelatinierendes Sol benutzte (z. B. ein geeignet gefärbtes Gelatinesol) und damit Tropfen oder Wirbel in einer der vielen Lösungen erzeugte, die das Erstarren von Gelatinesolen befördern oder das Hartwerden von Gelatinegelen verursachen. Neben der Möglichkeit, durch geeignete Wahl von Lösung und Konzentration den Wirbel bei jeder beliebigen Phase festzuhalten, schien dieses Verfahren auch Ergebnisse zu versprechen, die mit Flüssigkeiten allein (selbst vorübergehend) nicht zu erreichen sind, wie Einschrumpfung oder Quellung und daraus folgende Veränderungen der glatten Drehungsfläche des primären Wirbels. Es soll hier schon vorweg genommen werden, daß sich alle diese Erwartungen völlig erfüllten, als die Experimentiertechnik allmählich vervollkommnet wurde.

Bei allen hier beschriebenen Versuchen ließ man ein Gelatinesol durch die Luft in die koagulierende Lösung tropfen, d. h. durch eine Öffnung, die in verschiedenen Abständen bis zu etwa 15 mm über die Oberfläche gehalten wurde. Es zeigte sich sofort, daß die Dichte der Lösung in engen Grenzen reguliert werden mußte, je nach der Konzentration des verwendeten Gelatinesols und der Wirbelform, die man dauernd festhalten wollte. Um eine endgültige, symmetrische und dauernde Bildung zu erhalten ist es wesentlich, daß die gesamte Masse des Gels wenigstens für kurze Zeit in Ruhe bleibt, nachdem sie die gewünschte Form angenommen hat; wenn sie noch sinkt, wird sie weiter deformiert, während sie, wenn sie steigt, möglicherweise die Oberfläche erreicht und an dieser abgeflacht wird. Es ist daher Übereinstimmung der Dichten bis zur dritten Dezimalstelle erforderlich.

Da die Gelatinierung in diesem Stadium vollendet sein soll, so muß die Lösung in der erforderlichen Dichte ein genügend energischer Koagulator sein. Als bestgeeignete Salzlösung erwies sich eine aus Aluminiumsulfat von der Dichte 1,026—1,035 bei Gelatinesolen von 10—14%. Dann folgt Eisensulfat, doch verderben diese Lösungen schneller als die des Aluminiumsulfates und müssen angesäuert werden, wodurch Komplikationen entstehen.

Die Temperatur des Gelatinesols im Augenblick des Versuches ist von erheblicher Bedeutung, sie beeinflußt nicht nur die Dichte, sondern noch in viel höherem Grade die Viscosität und die Erstarrungsgeschwindigkeit. Auch die Temperatur der Lösung beeinflußt die Ergebnisse in höchst komplizierter Weise. Das läßt sich ohne weiteres vorher sagen. Dennoch ist es überraschend, wie sehr die Formen voneinander abweichen, die man innerhalb einer Temperaturspanne von etwa 4° erhält (z. B. zwischen 19° und 15°).

Die Ergebnisse, die man erhält, wenn man ein Gelatinesol (14 g Gelatine auf 100 ccm Wasser) in Aluminiumsulfatlösung oder in ein Gemisch aus Aluminiumsulfat und Eisensulfat tropfen läßt, zeigen praktisch alle die Formen, die man ohne besondere Zusätze zum Gelatinesol erhalten kann; sie sollen deshalb zuerst beschrieben werden.

Ist die Dichte der Lösung praktisch gleich der

[1]) Proc. of the roy. soc. of London, Ser. A. **95**, 303. 1919.

[2]) J. J. THOMPSON und NEWALL, Über die Bildung von Wirbelringen durch Tropfen, die in Lösungen fallen, und einige verwandte Phänomene. Proc. of the roy. soc. of London, **39**, 417. 1885.

[3]) Eine vollständige Bibliographie der Versuchsanordnung in WINKELMANNS Handbuch der Physik Bd. I, S. 1069ff. 1908.

des Gelatinesols bei der Versuchstemperatur, und läßt man das Sol aus einer Öffnung von etwa 4 mm Durchmesser dicht über der Lösungsoberfläche austropfen, so kann man die bekannten Bildungen des „hängenden Tropfens" in großer Vollkommenheit erhalten. Doch unterscheiden sich diese in einem wichtigen Punkte von den ähnlichen Formen, die Flüssigkeitstropfen annehmen. Der Umriß der oberen Tropfenoberfläche, die noch in die Oberfläche der Lösung taucht, ist nicht kreisförmig, sondern eingekerbt oder sternförmig infolge von Einschrumpfung, und die Einkerbung zieht sich ein größeres oder kleineres Stück am Halse des Tropfens hinunter, so daß eine Anzahl Furchen oder Rippen gebildet werden.

Diese Form kann stärker betont werden, wenn man entweder die Dichte der Lösung ein wenig herabsetzt, oder wenn man das Sol schneller austropfen läßt, so daß das Gewicht des Tropfens rasch wächst, ehe das Sol völlig erstarren kann. Auf diese Weise kann man den Hals sehr erheblich verlängern; gleichzeitig prägen sich die Einschrumpfungen deutlich aus, der Querschnitt wird stern- oder kreuzförmig, und in extremen Fällen hängt der Tropfen am Ende eines langen, dünnen, flachen Bandes. Auch treten ungleichmäßige Einschrumpfungen in verschiedenen Abständen vom Mittelpunkt auf, so daß die Rippen (oder das einzelne Band) geschlängelt erscheinen und oft eine sehr auffallende Ähnlichkeit mit den „schwingenden Membranen" zeigen, die wir bei zahlreichen Organismen finden.

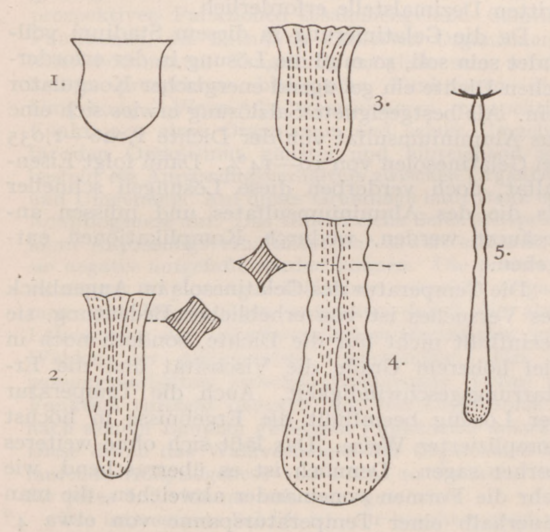


Fig. 1. 1. Normale Form des hängenden Tropfens ohne Schrumpfung. 2. Langer, hängender Tropfen, er zeigt durch Schrumpfung entstandene Furchung und beginnende Rippenbildung; schraffiert der Querschnitt in der Höhe der punktierten Linie. 3. Furchung und Rippen deutlicher ausgeprägt als beim vorigen Beispiel. 4. Erhebliche Verlängerung des Tropfenhalses, 4 Rippen. 5. Besondere Verlängerung bei gleichzeitiger Schrumpfung führt zur Bildung einer „schwingenden Membran". Abbildungen in natürlicher Größe.

Gibt man einzelne Tropfen des gleichen Gelatinesols (kurz 14proz. Sol genannt) bei Temperaturen zwischen 25 und 30° in eine Lösung von Aluminiumsulfat oder von gleichen Teilen Aluminium- und Eisensulfat (Dichte 1,030—1,032 bei 18—18,5°), so bleibt ein kleiner Teil des Tropfens an der Oberfläche hängen, und der Rest bildet einen Wirbel, welcher 5—12 mm unterhalb der Oberfläche seine endgültige Form annimmt und zur Ruhe kommt. Die Form im allgemeinen ist die des wohlbekannten „Pilz"-Wirbels, den man als vorübergehende Phase sieht, wenn eine gefärbte Flüssigkeit in eine andere mit ihr mischbare Flüssigkeit tropft; aber es bestehen sehr auffallende Unterschiede. Die Form als ganze ist keine einfache Drehungsfläche mehr, sondern sie zeigt radiale Rippen, die manchmal auf die Glocke oder Scheibe beschränkt sind und manchmal die ganze Länge des Stengels hinaufführen, bis in den kleinen sternförmigen Teil, der an der Oberfläche der Lösung bleibt. Manchmal tritt Erstarrung ein, ehe der ganze Tropfen sich zu dem Pilz ausbreiten konnte, dieser ist dann verhältnismäßig klein und trägt in der Mitte einen Knoten, der den unausgebreiteten Teil des ursprünglichen Tropfens darstellt. Man kann je nach Wunsch verschiedene Formen erhalten, wenn man die Temperaturen und Dichten sehr sorgfältig reguliert.

Wählt man für alle variablen Faktoren bestimmte Werte, so bleibt die Form doch noch sehr empfindlich gegenüber geringsten Schwankungen des Säuregrades von Lösung und Sol. Kongorot ist das geeignetste Färbemittel für Gelatine, da der Farbumschlag anzeigt, wann die Körper von der Lösung durchdrungen und gehärtet sind. Die Lösung ist gewöhnlich sauer gegen Kongorot, während die Gelatine neutral ist oder so wenig sauer, daß der Indicator nicht umschlägt. Macht man das Sol alkalisch durch Natronlauge (bis zu $^n/_{20}$), so bildet sich nicht mehr die Pilz- oder „Medusen"-form, es entstehen nur „hängende Tropfen". Wird der Säuregrad der Lösung dann entsprechend erhöht, so entstehen wieder Wirbelformen, doch sind diese merklich schlechter ausgebildet. Selbst der Farbstoff ist von entscheidendem Einfluß trotz seiner geringen Konzentration. Benutzt man an Stelle von Kongorot Roccellin (das Natriumsalz des p-sulfo-naphthalin-azo-β-Naphthols), so sieht man, daß der Tropfen beim Auftreffen auf die Lösung sich ausbreitet; es bildet sich ein großer sternförmiger Spritzer, von dem aus sich der Wirbel jedoch normal entwickelt.

Am interessantesten an den eben beschriebenen Körpern ist die Bildung der Rippen und die komplizierte Form des Scheiben- oder Glockenteiles. Diese könnte zu Spekulationen verlocken, wäre nicht durch mehrere entscheidende Versuche bewiesen, daß sie durch Schrumpfung entsteht, die gleichzeitig oder selbst noch vor der Gelatinierung des Sols eintreten muß. Die Gelatinierung geht natürlich um so schneller, je niedriger die Temperatur der Lösung ist, dabei wird die Schrumpfung ver-

mindert. Dementsprechend ist in Aluminiumsulfat bei 15° die Rippenbildung wenig ausgeprägt. Eisensulfat allein wirkt viel weniger energisch als Aluminiumsulfat; in Eisensulfatlösung von 15° erhält man sehr vollkommene „Medusen"-Formen ohne jede Spur von Rippung.

Um jeden Zweifel auszuschließen, erschien es wünschenswert, völlig salzfreie Lösungen zu benutzen, und es wurde ein Gummi arabicum-Sol verwendet, das bei einer Konzentration von etwa 9% die notwendige Dichte besitzt. Dieses Sol übt keine entwässernde oder „lyotrope" Wirkung[1]) auf das Gelatinesol aus, und das Erstarren des letzteren ist daher eine reine Gelatinierung, die durch Temperaturerniedrigung hervorgerufen wird. Auf diese Weise kann man ganz außergewöhnlich schöne „Medusen"-Formen erhalten, die gar keine Rippung zeigen. In vielen Fällen wird die Glocke so dünn, daß der Mittelteil keine Färbung zeigt, obwohl der Rand dunkel gefärbt ist. Man könnte die Bildung für einen offenen Wirbelring halten, sähe man nicht den Stengel von der Mitte der Glocke herabhängen.

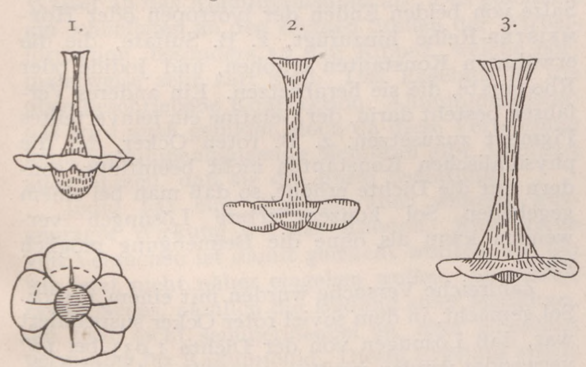


Fig. 2. 1, 2 und 3 Medusenformen, die in Aluminiumsulfatlösungen von abnehmender Konzentration gebildet wurden.

In Fig. 2 sind verschiedene „Medusen" abgebildet in natürlicher Größe und im Diagramm. Die gerippten Formen erhielt man bei Verwendung eines Gemisches von Aluminium- und Eisensulfat. Sie wurden meist in der Sulfatlösung aufbewahrt, doch nach einigen Wochen zeigte sich merkwürdigerweise ein starker Schimmelüberzug. Dieser kann durch geringe Beimengung von Kupfersulfat verhindert werden.

Mannigfaltige Formen ergaben sich bei dem bisher beschriebenen einfachen Verfahren; es drängte sich aber der Gedanke auf, daß man wichtige Modifikationen vor allem im Anfangsstadium angehaltene Wirbel erhalten könnte, wenn es gelänge, eine Membran über dem Tropfen zu bilden. Eine semipermeable Membran schien vielversprechend, denn außer der Analogie mit Organismen bietet diese den technischen Vorteil, daß die Diffusion der Lösung in die Gelatine verhindert wird.

[1]) H. FREUNDLICH, Kapillarchemie 1922, S. 67f., 80f.

Man kann dadurch die Gelatine länger flüssig halten, als es mit Sulfatlösung möglich ist, so daß sie jede beliebige, von der Membran gegebene Gleichgewichtsform annehmen kann. Zur Zeit als diese Überlegungen angestellt wurden, sprach ein Brief von Professor D'ARCY THOMPSON die Vermutung aus, daß die Form der roten Blutkörperchen möglicherweise durch zum Stillstand gekommene Wirbelbildung entstanden sein könnte, oder daß man sie wenigstens auf diese Weise nachahmen könnte. Es erschien höchstwahrscheinlich, daß Membranbildung zu solchem Ergebnis führen würde, und es wurde sofort mit den Versuchen begonnen. Es lag nahe, Gelatine mit einer Beimengung von Ferrocyankalium in eine Lösung von Kupfersulfat zu tropfen. Um sicher zu sein, daß die resultierende Form ausschließlich durch die Membran bedingt war, wurde erst ein Leerversuch gemacht, man tropfte reines Gelatinesol in Kupfersulfatlösung von geeigneter Dichte. Es zeigte sich keine Koagulationswirkung, der Wirbel des Gelatinesols löste sich auf, wie jede andere mischbare Flüssigkeit es getan hätte.

Dann wurde ein Sol probiert, das 10 g Gelatine und 8 g krystallisiertes Ferrocyankalium ($K_4FeCy_6\ 3\ H_2O$) enthielt, dazu Kupfersulfatlösung von geeigneter Dichte. Die Wirbelbildung wurde wenige Millimeter unterhalb der Oberfläche zum Stillstand gebracht, wenn sich der Tropfen zu einer Scheibe mit verdicktem Rande ausgebreitet hatte. Im ersten Stadium war die Scheibe konkav an der Oberseite, wurde dann aber bikonkav beim weiteren Sinken in der Flüssigkeit.

Das Ferrocyankalium hat eine deutliche lyotrope Wirkung, ähnlich dem Rhodankalium[1]), aber weniger ausgesprochen als dieses: Es erniedrigt die Viscosität, die Erstarrungstemperatur und die Erstarrungsgeschwindigkeit des Sols. Die Scheiben bleiben daher weich und wurden deformiert, wenn sie den Boden des (etwa 6 cm tiefen) Versuchsgefäßes erreichten. Für die weiteren Versuche wurden daher Zylinder verwendet, die eine Flüssigkeitssäule von 15—20 cm Kupfersulfatlösung enthielten, und es zeigte sich eine auffallende Erscheinung. Die Scheiben sanken flach und zeigten keine Neigung, umzuschlagen, wie man hätte erwarten können. Dieses Verhalten scheint darauf hinzudeuten, daß der Querschnitt ein Stromlinienprofil darstellt für die schwache Strömung, die hier in Frage kommt.

Die Scheiben zeigen eine sehr auffallende Ähnlichkeit mit den menschlichen roten Blutkörperchen in 700—800facher Vergrößerung. Die Gelatine- und die Ferrocyankaliumkonzentrationen wurden variiert und erwiesen sich als recht elastisch, denn man erhielt praktisch nicht zu unterscheidende Ergebnisse in einem Bereich von 10% Gelatine mit 8% Ferrocyankalium bis zu 14% Gelatine mit nur 5% Ferrocyankalium. Die Kupfersulfat-

[1]) H. FREUNDLICH, l. c. und H. FREUNDLICH und A. N. SEAL, Über einige Eigenschaften des Rhodanions. Kolloid-Zeitschr. 11, 257. 1912.

lösung wurde entsprechend angepaßt. Es muß noch einmal betont werden, daß sich die Anpassung ausschließlich auf die Dichte bezieht. Bei den untersuchten Kombinationen konnte Isotonie der beiden Salzlösungen bei geeigneter Dichte des Kupfersulfates nicht erreicht werden. Demzufolge erleiden die Scheiben bald nach der Bildung Veränderungen, ganz analog denen, welche die roten Blutkörperchen in nichtisotonischer Lösung zeigen.

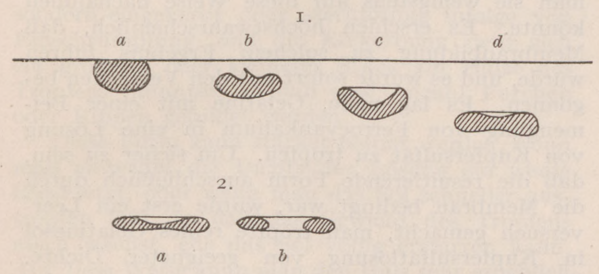


Fig. 3. 1 *a*—*d*. Die aufeinanderfolgenden Stadien bei der Bildung des Modells der roten Blutkörperchen. Manchmal ist das Stadium *c* oder eine ähnliche konkave Form endgültig. 2 *a* und *b* fehlerhafte Bildungen, die durch zu hohe Temperatur des Gelatinesols entstanden sind.

Um diesen Fehler von vornherein zu vermeiden und noch einen anderen entscheidenden Versuch zu machen, erschien es wünschenswert, Tannin als Membran bildendes Agens zu benutzen, da ja Tanningelatine auch als Beispiel semipermeabler Membranen wohl bekannt ist. Die Anpassung der Dichte machte einige Schwierigkeiten; in der erforderlichen Konzentration reagierte das Tannin viel zu energisch, und die Verwendung indifferenter Salze wie Natriumchlorid erwies sich als untunlich, da diese in der notwendigen Konzentration das Tannin zu schnell koagulieren. Schließlich erwies sich Rohrzucker als geeignet; eine Lösung von 20 g Zucker und 10 g Tannin pro Liter gab ausgezeichnete Ergebnisse mit 12—14proz. Gelatinesolen. Ein Zusatz zur Gelatine ist natürlich nicht notwendig, doch ist die Tannin-Zuckerlösung ein ausgezeichnetes Medium für Schimmelbildung und hält sich am besten mit einer kleinen Beimischung von Formaldehyd, die auch noch den Vorteil bietet, daß die Scheiben langsam und ohne Deformationen erhärten.

Läßt man 12—14proz. Gelatine, die mit Kongorot oder besser mit Roccellin gefärbt ist, in die eben beschriebene Lösung tropfen, so kann man stets ausgezeichnete Modelle der menschlichen roten Blutkörperchen erhalten, wenn die Temperaturen (besonders die Temperatur des Sols) in engen Grenzen gehalten werden; 18—19° für die Lösung und 24,5—25,5° für das Sol im Augenblick des Tropfens sind besonders geeignet. Die Lösung kann man natürlich in einem Thermostaten halten, die Temperatur des Gelatinesols bleibt genügend konstant, wenn man Pipetten verwendet, die mit einem Wassermantel versehen und mit Asbestpapier isoliert sind. Ist die Gelatine zu warm, so werden die Scheiben in der Mitte außerordentlich dünn, ja sie brechen sogar ganz durch und bilden Ringe; ist die Gelatine zu kühl, so entstehen „hängende Tropfen". Da die Scheiben sich ziemlich langsam bilden und langsam sinken, kann man die Entwicklung der Form bequem beobachten. Gelegentlich hängt noch eine Andeutung des „Stengels" am Mittelpunkt der Scheibe, nachdem sie ihre endgültige Form angenommen hat.

Bei den bis jetzt beschriebenen Versuchen wurde (mit einer Ausnahme) Gelatine verwendet ohne anderen Zusatz als minimale Farbstoffmengen. Die Ausnahme bestand in der Verwendung von Ferrocyankalium, das man genommen hatte, um Membranen über dem Wirbel zu bilden. Es schien wünschenswert, die Versuche auszudehnen und das Sol mit verschiedenen Zusätzen zu versehen; die Möglichkeiten in dieser Richtung sind sehr zahlreich und interessant. So kann bei konstantem Gelatinegehalt die Viscosität, die Erstarrungstemperatur und die Erstarrungsgeschwindigkeit des Sols variiert werden dadurch, daß man Salze von beiden Enden der lyotropen oder HOFMEISTER-Reihe hinzufügt, z. B. Sulfate, die die erwähnten Konstanten erhöhen, und Jodide oder Rhodanate, die sie herabsetzen. Ein anderes Verfahren besteht darin, der Gelatine ein feinverteiltes Pigment zuzusetzen, z. B. roten Ocker, der die physikalischen Konstanten nicht beeinflußt, sondern nur die Dichte erhöht, so daß man bei einem gegebenen Sol konzentriertere Lösungen verwenden kann als ohne die Beimengung möglich wäre.

Zahlreiche Versuche wurden mit einem 12proz. Sol gemacht, in dem soviel roter Ocker suspendiert war, daß Lösungen von der Dichte 1,035 bei 18° verwendet werden mußten; es wurden Aluminiumsulfat und Gummi arabicum verwendet. In der ersteren Lösung traten Erstarren und Schrumpfung schnell aber fast gleichzeitig ein, so daß die Bildung gerippter Formen selten war; man erhielt viele vollkommene offene Wirbel. Nirgends bemerkte man eine radiale Verteilung des Pigmentes, die man vielleicht hätte erwarten können. Die Konzentration des Pigmentes scheint rundum gleichmäßig zu sein und nur entsprechend der Schichtdicke zu variieren, doch läßt sich über diesen Punkt schwer etwas sagen, da selbst dünne Schichten sehr undurchsichtig sind.

In Gummi arabicum erhält man einfache Gelatinierung ohne Schrumpfung, und es entstehen sehr vollkommene Medusenformen, natürlich ganz ohne Rippen.

Die Wirkung lyotroper Beimengungen ist äußerst komplex und wurde in Einzelheiten nur in wenigen Fällen untersucht. Ein interessantes Beispiel ist ein 12proz. Sol mit 8% Ammoniumrhodanat; bei diesem liegt die Erstarrungstemperatur ungefähr bei 15°, während das gleiche Sol ohne Rhodan etwa bei 23° erstarrt. Tropft man dieses Sol in eine Mischung von Natriumchlorid- und

Aluminiumsulfatlösung (Aluminiumsulfat allein wirkt zu energisch bei der erforderlichen großen Dichte) so entstehen gerippte Medusenformen. Diese gleichen im ersten Augenblick den Formen, die man mit reiner 14proz. Gelatine und reinem Aluminiumsulfat erhält. Sie ziehen sich aber sofort zusammen, der Stengel wird kürzer und der Radius der Glocke kleiner, während die Dicke der Glocke zunimmt, und sich an der Unterseite radiale Furchen bilden. Auch die Rippen, die von der Innenseite der Glocke den Stengel hinauflaufen, ziehen sich erheblich zusammen, und der Stengel wird polygonal.

Die Ursachen für diesen schnellen Formenwechsel sind leicht einzusehen. In dem Augenblick, wo die Wirbelbildung zum Stillstand gebracht wird, steht die Gelatinemasse noch unter der lyotropen Wirkung des Rhodans und hält daher ihr Wasser hartnäckiger zurück als ein reines Gelatinesol von gleicher Konzentration. Unmittelbar darauf beginnt das Rhodan hinaus zu diffundieren, wie man durch Zusatz einer Spur Eisensalz zur Lösung zeigen kann; und die Gelatine gibt gleichzeitig ihr Wasser an das Aluminiumsulfat ab. Das geschieht am schnellsten an den dünnen Stellen der Wirbelformation, besonders an den Rippen, welche normalerweise sehr zart sind. Das Ergebnis ist die oben beschriebene Kontraktion. Aluminiumrhodanat wird auch gebildet, doch da diese Verbindung keine zusammenhängende Membran gibt, ist nicht anzunehmen, daß sie die Form beeinflußt.

Jodid hat eine ähnliche, aber weniger ausgeprägte Wirkung wie das Rhodan. Eine Reihe von Versuchen ist damit gemacht worden, auf die wir jetzt nicht näher eingehen wollen. Sie bringt etwas Neues, nämlich die Bildung einer Membran, die zwar nicht semipermeabel ist, aber jedenfalls permeabel für Kaliumjodid. Dieses Ergebnis erhält man, wenn Eisenchlorid als Koagulator benutzt wird. Da die koagulierende Wirkung dieses Salzes auf Gelatine selbst bei geringer Konzentration fast augenblicklich eintritt, kann man es nicht für sich allein benutzen, und die erforderliche Dichte muß durch Natriumchlorid erreicht werden. Die meisten Versuche wurden mit einer $2^1/_2$proz. Natriumchloridlösung ausgeführt, welcher 2 Vol.-% einer konzentrierten Eisenchloridlösung zugefügt wurden, so daß die Konzentration des Eisenchlorids etwa 1,2% betrug.

Tropft man 10proz. Gelatinesol, das 4—8% Natriumjodid enthält, in diese Lösung, so entstehen hängende Tropfen-Formen, die sehr auffallende Anomalien zeigen. Es bildet sich sofort eine Membran an dem eintauchenden Teil des Tropfens; wird dann mehr Gelatinesol zugefügt, so reißt die Membran, und der Tropfen wächst mit einem Ruck; dieses Phänomen kann man viele Male wiederholen. Gleichzeitig diffundiert sehr schnell Wasser in die Gelatine hinein, und da der eintauchende Teil von einer starken Membran umschlossen ist, schwillt der schwimmende ,,Kopf" an, bis er fast halbkugelförmige Gestalt annimmt. Da gleichzeitig das Gewicht zunimmt, kann dies zu weiterer Unterteilung führen; diese tritt oft erst nach einigen Minuten ein. Der Kopf bleibt ebenso wie das ganze Innere des Tropfens längere Zeit hindurch flüssig, bis die Konzentration des Jodids durch Diffusion so abgenommen hat, daß die Gelatine bei der herrschenden Temperatur erstarrt. Daß eine Exosmose von Jodid stattfindet, kann man an der Reaktion zwischen Jodid und Eisenchlorid zeigen, dabei wird Jod frei, das sich nach einiger Zeit in der Lösung bemerkbar macht. Es ist erwähnenswert, daß die Dichte des Gels größer ist als die Dichte der Lösung, die Tropfen werden durch die Oberflächenspannung getragen, das erkennt man deutlich an dem Meniscus der Wasseroberfläche. Fig. 4, Abb. 1, ist der Meniscus durch punktierte Linien bezeichnet. Berühren sich die Köpfe von zwei oder mehr Tropfen, während sie noch flüssig sind, so verschmelzen sie, und es bilden sich Zwillinge und dergleichen. Oft reißt die Membran in unregelmäßiger Weise, dann entstehen asymmetrische Formen, die nur entfernte Ähnlichkeit mit den normalen hängenden Tropfen haben (Fig. 4).

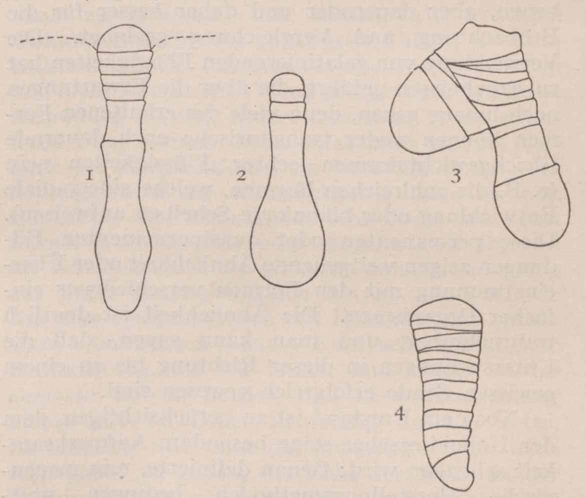


Fig. 4. Unterteilte Formen, entstanden durch Eintropfen von Kaliumjodidgelatine in Natriumchlorid-Eisenchloridlösung. 1 und 2 symmetrische Formen, 3 Zwillingsbildung, 4 unsymmetrische Form.

Bei diesen Versuchsreihen haben wir Gelegenheit, die Wirkung des Aufsaugens der Flüssigkeit und der daraus folgenden Quellung zu beobachten im Gegensatz zu dem früher beschriebenen Schrumpfungsphänomen. Die beobachteten Wirkungen erinnern in vielen Zügen auffallend an die ,,osmotische Vegetation", die man erhält, wenn Körnchen eines sehr löslichen Salzes z. B. Eisen- oder Magnesiumchlorid in eine Lösung von Natriumsilicat gebracht werden. Das Wachsen dieser Vegetation beruht ebenfalls auf periodischem Zerreißen einer Membran, wenn auch der Mechanismus des Zerreißens ein anderer ist.

Die oben beschriebenen Versuche wurden unternommen, um organische Formen nachzuahmen. In betreff der Wahl der Stoffe, der Einfachheit der Versuchsbedingungen und der Mannigfaltigkeit der Formen, die man durch minimale Änderungen der Versuchsbedingungen erhält, wurde eine größere Annäherung an die organischen Bedingungen erreicht, als bei den meisten früheren Versuchen in dieser Richtung. Doch fühlt sich der Verf. nicht berufen, seine Ergebnisse so auf biologische Probleme anzuwenden, wie es Fachbiologen tun können, und er wagt nicht. zu behaupten, daß die Gleichheit zwischen natürlicher und künstlicher Form eine Gleichheit ihrer Entstehung beweist. Diese Untersuchungen, soweit sie die Biologie betreffen, sollten nur Professor D'ARCY THOMPSONS These prüfen oder erweitern, die sagt, daß die Formen der einfachen Organismen die Tendenz zu Gleichgewichtsformen zeigen, wie sie flüssige Körper unter den (entsprechend ausgeglichenen oder zurückgedrängten) Einwirkungen von Schwere, Oberflächenspannung und Reibung annehmen. Deshalb versuchten wir, Tropfen herzustellen, die nicht komplizierter waren als die früher beschriebenen, aber dauernder und daher besser für die Beobachtung und Vergleichung geeignet. Die Verwendung von gelatinierenden Flüssigkeiten hat zu Ergebnissen geführt, die über die Erwartungen noch hinaus gehen, denn viele der erhaltenen Formen können weder transitorische noch dauernde Gleichgewichtsformen echter Flüssigkeiten sein (z. B. die zahlreichen Formen, welche eine radiale Entwicklung oder bikonkave Scheiben aufweisen). Diese permanenten oder quasipermanenten Bildungen zeigen weitgehende Ähnlichkeit oder Übereinstimmung mit den Formen verschiedener einfacher Organismen. Die Ähnlichkeit ist deutlich wahrnehmbar, und man kann sagen, daß die Untersuchungen in dieser Richtung bis zu einem gewissen Grade erfolgreich gewesen sind.

Noch ein Umstand ist zu berücksichtigen, dem der Kolloidforscher seine besondere Aufmerksamkeit schenken wird: Genau definierte, rein mechanische Herstellungsmethoden bedingen weitgehende Variationen der Formen, denn die physikalischen Eigenschaften der Gelatine sind äußerst empfindlich gegen minimale Änderungen der Salzkonzentration und der Temperatur. Dasselbe gilt — mutatis mutandis — für jedes andere organische Gel. Alle die verschiedenen Formen, die man mit Aluminiumsulfat als Koagulator erhält, werden erzielt, indem man die Dichte des Aluminiumsulfates zwischen 1,027 und 1,035 variiert, d. h. zwischen Konzentrationen von 2,0—2,8%; die Differenz zwischen den beiden äußersten Grenzen beträgt etwa 23 Millimole Aluminiumsulfat. Ein bestimmtes Gelatinesol von 25%, das in Aluminiumsulfatlösung von 18° getropft wird, bildet gerippte Medusenformen, während das gleiche Sol in Tannin-Zuckerlösung getropft bei den gleichen Temperaturen die Form der menschlichen roten Blutkörperchen annimmt. Dies wiederum gelingt nur, wenn die Temperaturen bei den Flüssigkeiten bis auf 1° genau eingehalten werden: die Ähnlichkeit mit den natürlichen Bedingungen ist auffallend und überraschend.

Zusammenfassend kann man sagen, alle beschriebenen Variationen lassen sich mehr oder weniger deutlich auf das Zusammenwirken verschiedener Faktoren zurückführen, die von wohlbekannten Eigenschaften des Gelatinegels abhängen:

1. Auf den sehr hohen Wert, den der Temperatur-Viscositätskoeffizient in der Nähe der Erstarrungstemperatur annimmt.

2. Auf das wechselnde Verhältnis zwischen der Erstarrungsgeschwindigkeit bei einfacher Abkühlung und der Schrumpfungsgeschwindigkeit, die durch spezifische Wirkung von Salzen (z. B. Aluminiumsulfat) bedingt wird und

3. Auf den Einfluß, den in der Gelatine gelöste Salze auf die Viscosität, Erstarrungstemperatur und Erstarrungsgeschwindigkeit der Gelatine ausüben.

Das Gelatinieren unterhalb einer bestimmten Temperatur ist eine spezifische Eigenschaft der Gelatine; in allen anderen Punkten finden wir eine ausreichende Ähnlichkeit im Verhalten der Gelatine und der anderen Gele. So wirken z. B. die lyotropen Salze ganz gleich auf Gelatine, Albumin und selbst auf chemisch so verschiedene Gele wie Agar und Kieselsäure. Auch wenn der *Ursprung* der organischen Formtypen durch diese Versuche nicht erklärt wird, so kann man doch ohne Übertreibung sagen: Die Analogien zwischen dem einen experimentell benutzten Gel und den komplexeren Gelen, welche die Organismen oder deren Bestandteile aufbauen, sind so groß, daß sie uns zu einer richtigen Einschätzung der *Variationsmöglichkeiten* führen, die durch zum Teil ganz geringe Veränderungen im umgebenden Medium, in der Salzkonzentration des Organismus und in der Temperatur hervorgerufen werden.

Man würde den natürlichen Bedingungen noch näher kommen, wenn man komplexere Gele benutzte, besonders solche, die gelöstes oder emulgiertes Fett enthalten, und wenn man die Gelatinelösung nicht durch die Luft, sondern unter der Oberfläche des Koagulators ausfließen ließe. Vorläufige Versuche haben gezeigt, daß zu diesem Verfahren eine sorgfältiger ausgearbeitete Apparatur gehört als die bisher benutzte; die Ausdehnung der Untersuchungen in dem oben angedeuteten Sinne muß daher auf eine günstigere Gelegenheit verschoben werden. (Aus dem Englischen übertragen von M. WRESCHNER, Berlin-Dahlem.)

Die Leistungen des Skelettmuskels und des Herzens unter natürlichen Bedingungen und im anoxybiontischen Zustand[1]).

Von LEON ASHER, Bern.

I. Leistungsfähigkeit des Skelettmuskels.

Die Leistungsfähigkeit der Muskulatur ist ein Problem, welches seiner theoretischen und praktischen Bedeutung wegen die biologische Forschung in bestimmten Perioden intensiv beschäftigt hat. Bezeichnenderweise stammen die ersten grundlegenden Arbeiten aus den Laboratorien von HELMHOLTZ und LUDWIG und knüpfen sich an die Namen WUNDT und KRONECKER, denen noch MOSSO hinzuzufügen wäre. Es war die Ermüdung der Ausgangspunkt dieser Studien. In neuester Zeit sind es die Arbeiten von A. V. HILL und von MEYERHOF, sowie diejenigen von EMBDEN, welche in grundlegender Weise die Einsichten in die Leistungen des Muskels gefördert haben. An das Ermüdungsproblem wiederum haben die Arbeiten angeknüpft, welche im Berner physiologischen Institut von dem Vortragenden und einer Reihe von Mitarbeitern in den letzten Jahren ausgeführt worden sind.

Ausgangspunkt dieser Arbeiten war das Bestreben, zunächst unter möglichst physiologischen Bedingungen den Skelettmuskel seine Tätigkeit ausführen zu lassen. Physiologisch wird diese Tätigkeit nicht bloß dadurch gestaltet, daß der arbeitende Muskel für sich selbst betrachtet möglichst unversehrt ist, sondern auch dadurch, daß seine Beziehungen als Teil des Gesamtorganismus aufrecht erhalten werden. Von diesen Beziehungen sind wohl die wesentlichsten der Kreislauf und die Atmung, die wesentlichen, wenn auch nicht die einzigen. Die Methodik, welche wir schufen, ließ das Tier im unversehrten Besitz von Kreislauf und Atmung, vermied jede Verletzung und jede Narkose und schloß nur um die Nerven einer bestimmten Muskelgruppe zur Erweckung ihrer Tätigkeit reizen zu können, jede Schmerzempfindung durch Lokalanästhesie in geeigneter Entfernung oberhalb der Reizstelle aus. Dieser Ausschluß verhinderte auch, daß reflektorisch gesetzte Hemmungen im Spiel sein konnten. Auch die Reizung wurde, wenigstens beim Warmblüter, physiologisch gestaltet, indem tetanisierende Reize von einer Frequenz, wie sie als Erregungen vom Zentralnervensystem ausgehen, angewandt wurden. Die Muskeln ließen wir entweder ihre Verkürzungsarbeit oder ihre Spannungsarbeit bei gleichbleibender Länge fortdauernd registrieren.

Bei diesen Untersuchungen stellte sich, je mehr die Technik der Versuchsanordnung fortschritt, eine so hohe Leistungsfähigkeit der Skelettmuskulatur heraus, daß man praktisch von Unermüdbarkeit der Skelettmuskulatur unter den von uns innegehaltenen physiologischen Bedingungen sprechen konnte. Beispielsweise gelang es TANI und GUERRA, bis zu 9 Stunden Dauer die Muskeln zu den natürlichen tetanischen Kontraktionen zu veranlassen, ohne daß Erschöpfung eintrat. Eine Bedingung allerdings stellte sich als die maßgebende heraus, und das war die Zahl der Kontraktionen, welche in der Minute dem Muskel aufgezwungen wurde. Die Bedeutung dieses Momentes ist zum ersten Male mit aller Klarheit von KRONECKER erkannt worden, und die Beziehung zwischen Rhythmik und Arbeit hat sich seitdem allgemeiner Anerkennung erfreut; wohl am populärsten ist diese Beziehung durch die geistvolle Studie von BÜCHER geworden. Aber in quantitativer Weise gehen die im Berner Institut gemachten systematischen Beobachtungen, wenn man von einzelnen Spezialfällen absieht, über die Vorstellungen hinaus, welche man gemeinhin über die Ermüdbarkeit der Muskulatur hat. Während HOLLIGER und SCHMID, die ersten Bearbeiter mit der oben beschriebenen Methode, es so weit gebracht hatten, daß die Muskulatur des Kaninchens 4—6 Stunden lang bei 60 Reizen in der Minute, ohne zu ermüden, sich kontrahierte, gelangen GUERRA schließlich in günstigsten Fällen, 360 Kontraktionen in der Minute über ebenso viel Stunden und mehr zu erzielen. Wenn gesagt wird, daß keine Ermüdung eintrat, bedarf dies einer etwas schärferen Umgrenzung. Denn tatsächlich trat im Verlaufe der Kontraktionen ein Unterschied auf. Im Anfang waren die Kontraktionen, seien sie nun isotonisch oder isometrisch, sehr hoch; sie fielen jedoch nach kürzerer oder längerer Zeit ab, und die Kontraktionshöhe verweilte dann stundenlang auf einem gleichbleibenden Niveau, ein Zustand, den man symptomatisch mit HILL als „the steady state" bezeichnen kann. Eine sehr auffallende Beobachtung, die wir immer und immer wieder gemacht haben, bewies, daß diese Erscheinung nichts mit wirklicher Ermüdung zu tun hatte. Es brauchte nur, ohne der Muskulatur irgendeine Ruhepause zu geben, die Zahl der Reize in der Minute vermindert zu werden, um fast sofort die Kontraktionshöhe zu heben, manchmal bis zur alten Höhe. Die Erscheinung der Erniedrigung der Kontraktionshöhe habe ich wegen dieser Erholung scheinbare Ermüdung genannt; sie ist ein Phänomen von theoretischem und praktischem Interesse. Ja selbst, wenn wesentlich ungünstigere Bedingungen geschaffen werden als die bisherigen waren, Bedingungen, die darin bestanden, daß in der einzelnen Reizperiode die Dauer des Einzelreizes sehr viel länger gemacht wurde als das reizlose Intervall und dadurch ein rascher und starker Abfall der Kontraktionskurve bewirkt wurde, stellte die verminderte Reizfrequenz bei den ursprünglichen Zeitverhältnissen innerhalb der einzelnen Periode sofort die alte Kontraktionshöhe wieder her.

Die Erscheinung der scheinbaren Ermüdung und der Erholung hieraus bot eine Eingangspforte

[1]) Vortrag in der Naturforschenden Gesellschaft, Bern, am 20. November 1926.

zur näheren Analyse der großen Leistungsfähigkeit der Muskulatur. Die einfachste Erklärung der gemachten Beobachtung ist offenbar im Anschluß an HILL und MEYERHOF, daß, solange die Zeit zur Restitution nicht zu kurz ist, sie genügt, um den Muskel, der sich normalen Kreislaufs und normaler Atmung erfreut, praktisch unermüdbar zu erhalten. Diese Restitutionsdauer könnte nun von zweierlei Faktoren abhängen; entweder davon, daß hinreichend Zeit ist, um so viel Sauerstoff zu erwerben und verwerten, als für die Restitutionsprozesse erforderlich ist, oder davon, daß hinreichend Zeit vorhanden sei, um schädliche Stoffwechselprodukte auf dem Diffusionswege wegzuschaffen. Dafür, daß beide Möglichkeiten zutreffend sein können, lassen sich experimentelle Beweise erbringen. Ehe wir jedoch auf diese Beweise eintreten, bedarf es zur Sicherung der aus den Beobachtungen erschlossenen weitgehenden physiologischen Unermüdbarkeit der Muskulatur einer kritischen Analyse nach der methodischen und sachlichen Seite hin.

Methodologisch mußte Sicherheit darin bestehen, daß dasjenige, was wir als scheinbare Ermüdung und Erholung bezeichnet haben, nicht bloß der täuschende Ausdruck eines nicht hinreichend exakten, nicht stets genau definierten Reizverfahrens sei. Tatsächlich lassen die dem Physiologen zur Verfügung stehenden Reizapparate, wie bekannt, vieles zu wünschen übrig. Die Fortschritte der physikalischen Technik haben es aber verstattet, die hier nicht zu erörternden Mißstände, welche den landläufigen Induktionsapparaten und anderen analogen Reizmethoden anhaften, zu überwinden. Ich habe einen Reizsenderapparat konstruiert, nach den Prinzipien der Radiotechnik ausgearbeitet, der gestattet, mit stets genau gleichstarken und genau gleichfrequenten Reizen über beliebige Zeitdauer zu arbeiten. Die Konstanten der Apparatur sind genau definiert, und die erforderlichen Konstanten, Anodenspannung, Reizstromstärke sind durch die zugehörigen Meßapparate jederzeit gegeben. In methodologischer Hinsicht glauben wir demnach ausgeschlossen zu haben, daß Änderungen in der Reizintensität und Reizfrequenz unrichtige Angaben für die Leistungsfähigkeit der gereizten Muskulatur haben entstehen lassen können.

In sachlicher Beziehung ist zunächst einmal des Einwandes zu gedenken, daß es sich möglicherweise um Erregbarkeitsänderungen des gereizten Nerven bzw. um sog. lokale Umstimmungen desselben handelt. Dieser Einwand wurde dadurch entkräftet, daß WITSCHI bei direkter Reizung des Muskels mit Frequenzen bis auf 200 pro Minute viele Stunden lang eine Nichtermüdbarkeit unter physiologischen Bedingungen beobachtete. Zeigte schon diese Feststellung, daß es sich um Geschehnisse im Muskel handelte, so wurde dies noch evidenter durch das neue Prüfungsverfahren, welches WITSCHI wegen eines anderen möglichen Einwandes angewandt hat. In den Lehrbüchern, so z. B. in TIGERSTEDTS Lehrbuch der Physiologie, wird die Ansicht vertreten, daß die Arbeit den Muskel ermüde bzw. die in einem unrichtigen Rhythmus geleistete Arbeit. Tatsächlich ist ja seit langem bekannt, daß bei einem passenden Gewichte und einem Reizintervall von 10 Sekunden gar keine Ermüdung aufzutreten braucht. Man erkennt, daß es sich hierbei um ganz andere Größenanordnungen handelt, als in unseren Untersuchungen mit den weit höheren Frequenzen. WITSCHI hat nun, wenn das Phänomen der scheinbaren Ermüdung eingetreten war, den schon vorher belasteten Muskel mit Gewichten weiter belastet, wodurch die Kontraktionshöhen noch mehr vermindert wurden. Nichtsdestoweniger genügte die Herabsetzung der Reizfrequenz, um sehr rasch Erholung herbeizuführen. Ja sogar, wenn durch ein hohes Gewicht bei der Reizfrequenz 200 durch ein weiteres Zusatzgewicht scheinbare Ermüdung erzeugt worden war, ließ sich der dominierende Einfluß der Frequenzverminderung aufs deutlichste dadurch erweisen, daß eine gleichzeitige weitere Belastungsvermehrung die Erholung nicht aufzuheben vermochte. Hier sehen wir, daß es sich um innere Mechanismen des arbeitenden Muskels handelt, die, wenn er im Verbande des unversehrten Gesamtorganismus ist, seine über Erwarten große Leistungsfähigkeit bedingt.

Die vorhin angedeutete genauere Analyse bedurfte aus technischen Gründen der Rückkehr zur Untersuchung am Frosch. Zunächst mit einer analogen Methodik am vollständig unversehrten Tier. Der wichtigste Unterschied gegenüber den Versuchen am Säugetier bestand darin, daß man gezwungen war, von den tetanisierenden Reizen abzusehen, weil diese sehr rasch Ermüdung herbeiführen, man vielmehr mit einzelnen Induktionsschlägen bestimmter Zahl in der Minute reizen mußte. Bei dieser Untersuchung fand ACKERMANN, daß die Zeitdauer, nach welcher bei verschiedenen Reizfrequenzen Ermüdung eintrat, von der Temperatur abhängig war. Bei Temperaturen von wenigstens 20° trat auch bei Reizung mit Öffnungsinduktionsschlägen, die jede zweite Sekunde aufeinander folgten, keine Ermüdung ein. Bei Temperaturen zwischen 25—35° ließ sich sogar Unermüdbarkeit bei Reizen, die jede Sekunde aufeinander folgten, nachweisen, während bei Temperaturen unter 19° schon nach $^1/_2$ Stunde Ermüdung eintrat, wenn die Reize jede 3. Sekunde aufeinander folgten. Da die Temperatur in diesen Versuchen sich als der regulierende Faktor für die Grenzen der Leistungsfähigkeit erwies, haben wir daraus den Schluß gezogen, daß die verbesserte Diffusion der Stoffwechselprodukte hier vor allem in Betracht käme. Daß andererseits die Sauerstoffversorgung eine ausschlaggebende Rolle besitzt, wurde durch eine jüngste Versuchsreihe von LABHARDT erwiesen. Wiederum, aus technischen Gründen, entschlossen wir uns dieses Mal, sogar die bisher streng innegehaltenen physiologischen Bedingungen zu verlassen und am ausgeschnit-

tenen Froschmuskel zu arbeiten. Als Ersatz sollten aber dennoch methodisch die Bedingungen der Norm möglichst reproduziert werden. Hierzu verhalf erstens die Anwendung des dünnen Musculus sartorius von kleinen Fröschen, die selbst ohne Kreislauf günstige Bedingungen für Ein- und Austritt von Stoffen bieten, die Benutzung der möglichst physiologisch ausgeglichenen Lösung von BRÖMSER, BARKAN und HAHN, welche Na, Ka, Ca, Mg, Cl und Phosphat sowie den Energie spendenden Traubenzucker in der dem Froschplasma entsprechenden Zusammensetzung enthält, die dauernde Durchperlung der Badlösung mit Sauerstoff und schließlich ein kontinuierlicher Wechsel der Badeflüssigkeit. Wie sehr durch diese Anordnung eine Reproduktion der physiologischen Bedingungen erzielt worden war, geht daraus hervor, daß fast unerwarteterweise die Leistungsfähigkeit dieses ausgeschnittenen Muskels diejenige übertraf, welche wir in unseren Versuchen am unversehrten Tier beobachtet haben. Nach 48 000 Kontraktionen, die jede Sekunde stattfanden und wobei der Muskel ihm angepaßte Lasten zu heben hatte, konnte die wirkliche Ermüdung ausbleiben. Noch wesentlicher war, daß es mit Hilfe dieser Methode gelang, mit größter Deutlichkeit den Faktor aufzuklären, von welchem die Erholung von der scheinbaren Ermüdung durch zu große Reizfrequenzen abhing. Wurde die gleiche Anordnung beibehalten, die beschrieben wurde, nur mit dem Unterschiede, daß anstatt Sauerstoff chemischer reiner Wasserstoff die Badflüssigkeit durchperlte, so unterblieb die Erhöhung der Kontraktionen nach Einschaltung der selteneren Reizfrequenzen. Ja selbst, wenn anstatt Sauerstoff Luft durchperlt wurde, war der Erholungsvorgang ein sehr viel verzögerterer. Diese Versuchsreihe beweist demnach ganz im Sinne der Lehren von HILL und MEYERHOF, daß für die Restitution nach ermüdender Arbeit des Skelettmuskels der Sauerstoff unerläßlich ist. Auf die biologische Bedeutung werden wir im zweiten Abschnitt Gelegenheit haben, zurückzukommen. Die mitgeteilten Befunde von LABHARDT werfen auch noch Licht auf die Bewertung der Verhältnisse unserer früher mitgeteilten Versuche am unversehrten Tiere. Dort handelte es sich darum, daß eine Muskelgruppe arbeitete, während der übrige Gesamtorganismus sich in relativer Ruhe befand, so daß derselbe als eine fast unerschöpfliche Depotquelle für die kleine arbeitende Muskelgruppe gelten konnte. Wenngleich dies zutrifft, muß dieser Fall nicht zu hoch bewertet werden, wie aus LABHARDTS Versuch am isolierten Sartorius hervorgeht.

Ohne auf die Biochemie der Muskeltätigkeit unter den geschilderten physiologischen Bedingungen einzugehen — die Arbeiten des Berner physiologischen Instituts haben sich auch mit den biochemischen Fragen beschäftigt —, kann kurz resümiert werden, daß unsere Versuche eine weitgehende Unermüdbarkeit der arbeitenden Skelettmuskulatur unter physiologischen Bedingungen erwiesen haben und daß ferner vieles, was symptomatisch als Ermüdung gedeutet wurde, nur eine scheinbare ist, von welcher bei Gegenwart von Sauerstoff die bloße Abänderung des Arbeitstempos die Erholung herbeiführt.

II. Leistungsfähigkeit und Automatie des Kaltblüterherzens in Anoxybiose, nebst Beitrag zur Wirkungsstärke natürlicher Erregungen.

Der Herzmuskel gilt gemeinhin im Vergleich zum Skelettmuskel als relativ unermüdbar. Schon in dieser Feststellung dokumentiert sich die Anerkennung eines biologischen Unterschiedes zwischen Herz und Skelettmuskel, ein Unterschied, den neueste Untersuchungen zu akzentuieren geneigt sind. Der Experimentator ist allerdings in der Lage, den Herzmuskel die gleichen Erscheinungen der Ermüdung offenbaren zu lassen, wie sie beim Skelettmuskel auftreten, indem er beispielsweise durch künstliche Reize eine übernormale Schlagfrequenz ihm aufzwingt. Im voraufgehenden Abschnitt wurde von der scheinbaren Ermüdung und von der Erholung gesprochen, und es lag daher nahe, die gleichen Phänomene auch am Herzen einer Untersuchung zu unterziehen. Das vornehmste Problem, welches uns dabei interessierte, war, welche Rolle hierbei die Oxybiose bzw. die Anoxybiose spiele, ein Problem, dessen Verfolg gerade am Froschherzen deshalb verlockend erschien, weil ja eine relativ nicht geringe Unabhängigkeit der Herzarbeit von der Sauerstoffversorgung festgestellt worden ist. In einleitenden Untersuchungen hat SCHEINFINKEL sowohl am oxybiontischen wie am anoxybiontischen Herzen, welches durch künstliche Reize zu einer vermehrten Schlagfolge gebracht worden war und im Laufe seiner beschleunigten Tätigkeit allmählich Symptome der Ermüdung darbot, Erholung durch bloße Verminderung der Reizfrequenz nachweisen können. Nun haben wir früher gesehen, daß am Skelettmuskel bei Ausschluß des Sauerstoffes mit chemisch reinem Wasserstoff jede Erholung ausfiel. Der Unterschied in den Befunden von SCHEINFINKEL und LABHARDT war so groß, daß er eine tiefergehende Analyse zu erfordern schien. Diese Analyse brachte es von selbst mit sich, daß das Gesamtproblem der anoxybiontischen Tätigkeit des Herzens aufgerollt werden mußte.

Worin die Bedeutung des Sauerstoffes für das Kaltblüterherz eigentlich liegt, darüber bestehen viel weniger klare und namentlich quantitative Vorstellungen, als gemeinhin angenommen wird. Es genügt, hier nur auf TIGERSTEDTS Physiologie des Kreislaufes und auf die Blutzirkulation in BETHES Handbuch hinzuweisen. Es wird sowohl der geringe Sauerstoffbedarf des Froschherzens hervorgehoben, wie auch andererseits die Bedeutung der Sauerstoffzufuhr anerkannt. Vielleicht am unklarsten liegen die Dinge in bezug auf die Automatie.

Seit der bedeutsamen Arbeit von OEHRWALL vom Jahre 1897 hat in dieser Beziehung kein

prinzipieller Fortschritt stattgefunden. Da wir nach langdauernder Tätigkeit des künstlich gereizten Herzens bei Eintritt der von uns angenommenen scheinbaren Ermüdung als erholenden selteneren Reiz den automatischen einzuschalten wünschten, war es vorerst notwendig, sich darüber Klarheit zu verschaffen, ob man in langdauernden Versuchen bei vollständigem Ausschluß des Sauerstoffes auf das Vorhandensein der Automatie würde zählen können. Die Beantwortung dieser Frage benötigte die Schaffung einer hierzu geeigneten Methode, und im Verfolg unserer Untersuchungen ergab sich, daß die Anforderungen, die an diese Methode zu stellen sind, die gleichen waren, wie diejenigen, um die Leistungsfähigkeit des Kaltblüterherzens durch eine exakte Aufnahme der Faktoren, welche in die mechanische Arbeit des Herzens eingehen, zu analysieren.

Die Methode, die BACHMANN und ich ausgearbeitet haben, bestand im wesentlichen aus einer zweckmäßigen Modifikation der von FRANK, ROHDE und LÜSCHER geschaffenen. Sie gestattete den Füllungsdruck auf der venösen Seite und den Überlastungsdruck auf der arteriellen Seite unter Einschaltung von venösem und arteriellem Ventil, getrennt für sich zu variieren, das Schlagvolumen mit Hilfe eines Volumenrekorders fortlaufend zu registrieren und den arteriellen Mitteldruck festzustellen. Sowohl das ganze Zirkulationssystem wie auch der Raum, in dem sich das Herz befand, waren vollständig vor Luftzutritt geschützt, und dauernd wurde sowohl das Kreislaufsystem wie der Raum, in dem sich das Herz in Flüssigkeit befand, von chemisch reinem Wasserstoff durchströmt. Diese Methode der Anoxybiose ist der durch Gifte herbeigeführten weit vorzuziehen. Die Perfusionslösung war die obengenannte physiologische von BRÖMSER, BARKAN und HAHN. Jederzeit konnte ohne jede Berührung mit der Außenluft die Flüssigkeit ersetzt werden durch eine frische, durch welche stundenlang vorher Wasserstoff durchgeleitet worden war. Schließlich besaß die Apparatur eine Vorrichtung, um von außen, wenn erforderlich, eine künstliche Pulsation einzuleiten.

Mit dieser Methode ist es BACHMANN gelungen, bei vollständigem Sauerstoffmangel bis zu 61 Stunden den automatischen Herzschlag zu beobachten. Damit ist ein für allemal festgestellt, daß bei Innehaltung der physiologischen Bedingungen über 2 Tage lang bei vollständigem Ausschluß von Sauerstoff die Automatie andauern kann, und um so beachtenswerter ist diese Tatsache, als innerhalb der Beobachtungsdauer das Herz häufig durch eingeschobene künstliche Reize zu einer intensiven Tätigkeit hatte angespornt sein können. Ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß, wenn man die Bedingungen noch physiologischer gestalten könnte, die anoxybiontische Automatie noch länger dauern würde. Der Methodik sind zur Zeit insofern erkennbare Grenzen gesetzt, als einmal eine strengste Sterilisierung nicht durchführbar ist, und zweitens dort, wo die Kanüle in das Herz eingeführt wird, unvermeidbar ein allmählich absterbendes Gewebsstück sich befindet.

Der gelungene Nachweis langdauernder Automatie bei vollständigem Ausschluß von Sauerstoff hat zu einer Erkenntnis verholfen, die nicht unmittelbar mit dem hier behandelten Problem in Zusammenhang steht, aber von solch allgemein physiologischer Bedeutung ist, daß sie besprochen zu werden verdient. In fortgeschrittenen Stadien der Anoxybiose zeigte sich mit größter Deutlichkeit eine wachsende Abnahme der Erregbarkeit gegen künstliche Reize. Somit war die Gelegenheit gegeben, die Wirkungsstärke der natürlichen Erregungen mit derjenigen der künstlichen Reize zu vergleichen. Es gab Fälle, wo man mit 12 000 und 13 000 Einheiten des KRONECKERschen Schlitteninduktoriums reizen mußte, um den Herzschlag zu wecken, jedoch bei Unterlassen der künstlichen Reizung die Automatie so wirksam war wie vorher. Man kann in diesem Falle demnach sagen, daß die äquivalente Reizstärke natürlicher Reize mindestens 12 000—13 000 Kronecker-Einheiten betrug, ja manchmal waren sogar diese stärksten und unerträglichen Reize unwirksam, die automatischen Reize aber noch wirksam. Der Ausdruck äquivalente Reizstärke ist vorzuziehen, um nicht zu präjudizieren, daß die natürlichen Reize die gleichen elektrischen Energiegrößen besäßen wie diejenigen des Induktionsapparates. Es wird weiterer Arbeiten bedürfen, um in dieser Beziehung Klarheit zu schaffen. Für den Augenblick genügt es, darauf hinzuweisen, daß wohl zum erstenmal ein quantitativer Maßstab für die natürlichen Reize gewonnen worden ist und anschaulich die Überlegenheit derselben über die künstlichen dargetan werden konnte.

Es ist klar, daß die Aufrechterhaltung so lang dauernder Automatie bei Ausschluß des Sauerstoffes beweist, wie geringfügig in den von uns beobachteten Zeitperioden die Bedeutung des Sauerstoffes und wie bedeutungsvoll die anderen in unseren Versuchen obwaltenden physiologischen Bedingungen sind, physiologische Kreislaufsbedingungen, fortwährende Fortschaffung von Stoffwechselprodukten, richtige Zusammensetzung der Durchströmungsflüssigkeit an Kat und Anionen und Gehalt derselben an Traubenzucker. Eine Bedingung vor allem wurde uns im Verlaufe unserer Untersuchung klar: die Aufrechterhaltung der Zirkulation. Es konnte vorkommen, daß in vorgerückten Nachtstunden oder zu einer beliebigen anderen Zeit aus nicht ersichtlichem Grunde das Herz stillstand. Hatte der Stillstand nicht allzu lange gewährt, so genügten ein paar künstliche Pulsationen, um guten automatischen Herzschlag wieder auszulösen, wohlgemerkt ohne jede Beteiligung des Sauerstoffes.

Die genannten physiologischen Bedingungen, vor allem aber Aufrechterhaltung der Zirkulation, sind es auch, welche die langdauernde anoxy-

biontische Leistungsfähigkeit des Herzens gewährleisten, womit wir zu unserem eigentlichen Problem zurückkehren. Denn die Methode war besonders deshalb ausgearbeitet worden, um die mechanische Leistungsfähigkeit, die scheinbare Ermüdung und die Erholung an der exakt bemessenen Arbeit selbst zu beurteilen.

Wurden dem Herzen, das vorher mit einer optimalen mittleren Schlagfrequenz schlug und dabei eine aus Schlagvolumen und Mitteldruck bemessene Arbeit leistete, größere Frequenzen zugemutet, so nahm allmählich sowohl die Arbeit des einzelnen Herzschlages wie auch das Minutenvolumen mit der Zeit allmählich ab. Einschaltung einer selteneren Frequenz, namentlich der optimalen mittleren, stellte, meist nicht immer sofort, in kurzer Zeit die Leistungsfähigkeit wieder her, Arbeit, Leistung und Minutenvolumen konnten selbst am zweiten, ja sogar am dritten Tage in günstigen Fällen zu einer für die Aufrechterhaltung des Kreislaufes genügenden Höhe zurückgebracht werden. Diese Versuche haben somit, da sie sich exakter mechanischer Methoden bedienen konnten, den strengen Beweis für die außerordentlich große Leistungsfähigkeit des Kaltblüterherzens bei Sauerstoffmangel erbracht, vor allem aber einwandfrei gezeigt, daß zur Erholung der Sauerstoff nicht unbedingt notwendig ist, wenn auch zugegeben werden muß, daß bei Sauerstoffgegenwart die Erholung noch rascher verläuft. Jedenfalls tritt der scharfe Gegensatz zwischen der Erholung des Sartorius und der Erholung des Herzens hervor. Und da beide Gebilde dem Kaltblüterorganismus angehören, liegt der tiefe Unterschied im Mechanismus der Herztätigkeit und nicht daran, daß es der Kaltblüterorganismus ist. Nicht minder interessant ist der Umstand, daß die Zirkulation, d. h. die Tätigkeit beim Herzen, ein so dominierender Faktor bei der Aufrechterhaltung seiner großen Leistungsfähigkeit auch bei Ausschluß des Sauerstoffes ist. Dies scheint wiederum eine auszeichnende Eigenschaft des Sonderorganismus Herz zu sein, dessen inneren Mechanismus man nicht gerecht wird, wenn man ihn einseitig entweder als einen Muskel oder, was jetzt weniger der Fall ist, als eine von nervösen Zentren abhängige Wesenheit betrachtet.

Naturgemäß erhebt sich die Frage, ob die in unseren Versuchen nachgewiesene Sonderstellung des Kaltblüterherzens, die weitgehende Unabhängigkeit vom Sauerstoff in bezug auf Automatie und alle seine mechanischen Leistungen irgendwie, wenn auch schwach, im Säugetierherzen wieder erkennbar seien. Die Aussichten hierauf sind bei der allgemeinen Erfahrung aller Bearbeiter des Säugetierherzens recht gering. Immerhin möchte ich darauf hinweisen, daß ich in der Festschrift für ZWAARDEMAKER eine einfache Methode zur Untersuchung des isolierten Säugetierherzens, nämlich den verkürzten Kreislauf, beschrieben habe, wobei ich das Herz noch kräftig schlagend erhalten konnte, wenn die Einatmungsluft nur noch 6% Sauerstoff enthielt, ein niederer Grad von Sauerstoff, bei dem der erhaltene Teil des Zentralnervensystems abgestorben war.

Die mitgeteilten Untersuchungen werfen ein neues Licht auf die Leistungsfähigkeit des Skelettmuskels und des Herzens. Angesichts dieser Ergebnisse wird die Lehre von der Ermüdung, welche zur Zeit viel mehr ein Komplex von noch nicht hinreichend analysierten Erscheinungen als ein einheitlicher Begriff ist, auch für andere Funktionsgebiete revisionsbedürftig. Diese Revision wird uns vielleicht bei einer anderen Gelegenheit beschäftigen.

Literatur:

L. ASHER, Arch. néerl. de physiol. de l'Homme et des Animaux **7**, 236. 1922.
M. HOLLIGER, Zeitschr. f. Biol. **77**, 261. 1923.
E. SCHMID, Zeitschr. f. Biol. **77**, 281. 1923.
H. MARTI, Zeitschr. f. Biol. **77**, 299. 1923.
M. ACKERMANN, Zeitschr. f. Biol. **78**, 331. 1923.
F. BÜRGI, Zeitschr. f. Biol. **81**, 253. 1924.
M KOBAYASHI, Zeitschr f Biol, **81**, 263. 1924.
I. TANI, Zeitschr. f. Biol. **82**, 291. 1925.
J. GUERRA Zeitschr. f. Biol. **82**, 326. 1925.
N. SCHEINFINKEL, Zeitschr. f. Biol. **84**, 294. 1926.
N. SCHEINFINKEL, Zeitschr. f. Biol. **84**, 294. 1926.
N. SCHEINFINKEL, Zeitschr. f. Biol. **85**, 151. 1926.
WITSCHI, LABHARDT, BACHMANN, im Druck in der Zeitschr. f. Biol. und Pflügers Arch.

Über lokale Immunisierung[1]).

Von A. BESREDKA, Paris.
(Aus dem Institut Pasteur.)

Die Lehre von der lokalen Immunisierung hat in ihren Anfängen mancherlei Angriffen und einer fast einmütigen Skepsis standhalten müssen, so daß sie seinerzeit beinahe im Keim erstickt worden wäre. Heute hat sie diese Entwicklungsphase hinter sich: Mögen manche immer noch über eine bestimmte theoretische Frage diskutieren, niemand bestreitet ihre allgemeine Tragweite oder ihre praktischen Anwendungsmöglichkeiten.

Man hat so lange Zeit gebraucht, um diese neue Auffassung der Immunität anzuerkennen, weil sie an Ideen rüttelte, von denen man mehr als die letzten 30 Jahre lang gelebt hatte. War es nicht ein Dogma, das alle Erscheinungen der erworbenen Immunität auf Antikörperbildung beruhen? Man konnte sich daher nicht in den Glauben ergeben, daß es Fälle von Immunität ohne Antikörperbildung gibt. Was dieser Theorie einen Anschein von Wahrheit gab, ist die Tatsache, daß sich jedesmal, wenn man einen aktiv oder passiv immunisierten Organismus vor sich hatte, in seinem Serum

[1]) Die Schriftleitung verdankt die Übersetzung aus dem Original Herrn Dr. FRITZ LEWY, Berlin.

ein oder mehrere Antikörper (Agglutinine, Präcipitine, Bakteriolysine, Ambozeptoren) fanden. Es schien daher ganz logisch, daraus zu schließen, daß diese Antikörper das Substrat der Immunität sind.

* * *

Den Ausgangspunkt unserer neuen Auffassung bilden die Beobachtungen bei der Milzbrandinfektion.

Man weiß, wie virulent dieses von DAVAINE entdeckte Bakterium für Tiere ist: Ein einziges Stäbchen genügt, um ein Meerschweinchen zu töten. Außer dem beträchtlichen Ödem an der Impfstelle fällt bei der Autopsie die enorme Bacillenmenge, die sich im Blut und in allen Organen findet, auf. Daher sah man von jeher den Milzbrand als typisches Beispiel einer septischen Erkrankung an.

Wir haben nun beim näheren Studium dieser Krankheit festgestellt, daß die Empfindlichkeit des Meerschweinchens dem Milzbrandkeim gegenüber keine allgemeine ist, daß sie einzig und allein in der Haut steckt. Wir haben uns überzeugen können, daß das Meerschweinchen, dem die Bacillen in die Bauchhöhle, in die Luftröhre, ins Gehirn oder unter die Haut gespritzt werden, stirbt, weil beim Einstich Keime auf seine Haut gelangt waren und so unabsichtlich eine *Hautinfektion* entstanden war.

Daß sich die Dinge so verhalten, geht aus der Tatsache hervor, daß die Bacillen nicht mehr virulent sind, sobald man die Haut umgeht.

Sofern man sich dieser Vorsichtsmaßnahme bedient, läßt sich das Zehn-, Hundert-, ja Tausendfache der tödlichen Dosis ohne Schaden in die Bauchhöhle, in die Luftröhre, ins Gehirn und selbst unter die Haut bringen: Das Meerschweinchen wird dadurch nicht gestört. So wichtig ist die Haut bei der Infektion. Sie ist es in gleichem Maße bei der Schutzimpfung.

* * *

Im Gegensatz zu den großen Haustieren lassen sich die Laboratoriumstiere schwer gegen Milzbrand vaccinieren: Erst nach einer langen Vorbehandlung gelingt es gerade noch, das Meerschweinchen gegen eine einfache tödliche Dosis des sog. zweiten PASTEURschen Virus zu schützen.

Von dem Gedanken ausgehend, daß gerade das empfängliche Organ in erster Linie geschützt werden muß, bemühten wir uns, die Vaccinierung der Haut durchzuführen. Ohne große Schwierigkeit gelang es, dem Meerschweinchen eine sichere Immunität zu verleihen, wenn wir den Hautweg benutzten. War es der *Hautvaccination* unterworfen worden, so konnte ein Meerschweinchen tatsächlich fast unbegrenzte Mengen des Milzbrandkeimes ertragen.

Beruht diese Immunität auf dem Auftreten spezifischer Antikörper im Blut? Das erschien wenig wahrscheinlich, wenn man bedenkt, daß allein auf intradermalem Wege unter Ausschluß jedes anderen Infektionsweges die Immunität zu erzielen war. Die Untersuchung auf Antikörper ergab übrigens, daß sich nicht einmal eine Spur derselben im Blut der hautvaccinierten Meerschweinchen findet. Das zwingt zu dem Schluß, daß wir hier einen Fall von cellulärer Immunität von *Hautimmunität*, vor uns haben.

Das Prinzip der lokalen Immunisierung beim Milzbrand fand rasch ausgedehnte praktische Anwendung. Gegenwärtig rechnet man über eine halbe Million Pferde, Rinder, Hammel und Schweine, die in dieser Weise in Marokko, Syrien, Frankreich und Rußland schutzgeimpft wurden.

* * *

Logischerweise mußte man die gleiche Art der Schutzimpfung bei den Staphylokokken- und Streptokokkeninfektionen versuchen, deren elektive Affinität zum Hautapparat bekannt ist.

Bei diesen Infektionen gibt ebenso wie beim Milzbrand die Vaccinierung von Laboratoriumstieren mit den geläufigen Methoden mittelmäßige oder richtiger gesagt negative Ergebnisse.

Die direkt *in* die Haut eingeführten Antistaphylokokken- und Antistreptokokkenvaccinen führten nun zu unvergleichlich besseren Ergebnissen als die mit subcutaner oder intraperitonealer Injektion erzielte. Interessant ist es, daß die Ergebnisse ebenso gut, wenn nicht besser wurden, sobald die besagten Vaccinen nicht mehr in die Haut gespritzt, sondern einfach auf die rasierte oder sonstwie enthaarte Haut aufgetragen wurden.

Es war augenscheinlich, daß im letzteren Falle die Vaccine nicht als geformter Körper wirkte, sondern durch die löslichen spezifischen Stoffe, deren Träger sie ist. Wir sind daher auf den Gedanken gekommen, den löslichen Teil der Vaccinen auf seine immunisierende Wirkung zu untersuchen.

Als wir alte Bouillonkulturen nahmen, die wir durch Kerzen filtrierten, und deren Filtrate wir in Form von Verbänden verwandten, gelang es uns, die Tiere gegen Hautinfektionen zu schützen, die mit Staphylo- oder Streptokokken gesetzt waren.

Das aktive Prinzip dieser Filtrate erhielt den Namen *Antivirus*. Es ist spezifisch. Seine Wirkung erstreckt sich gleichzeitig auf das Virus und auf das empfängliche Gewebe: auf das Virus, indem es dessen Weiterentwicklung am Infektionsherd verhindert; auf das Gewebe, indem es die Widerstandsfähigkeit der gesunden Zelle in der Umgebung des Infektionsherdes steigert. Das Antivirus ist nicht toxisch. Es wird auf Grund seiner Affinität von den Zellen der Haut oder der Schleimhäute adsorbiert. Diese Zellen mögen dann noch so sehr dem Erreger ausgesetzt sein, sie reagieren darauf nicht mehr: sobald die Zellen sich mit Antivirus imprägniert haben, bleiben sie für den Erreger unverletzbar, sie sind vacciniert. Durch seine doppelte Wirkungsweise — auf den Erreger und auf die Gewebselemente — gelangt das Antivirus dazu, den Infektionsherd abzugrenzen und dann zu vernichten.

Die Verbände auf Grundlage des Antivirus vereinigen die Vorteile antiseptischer und aseptischer Verbände, ohne deren Nachteile aufzuweisen. Sie verwirklichen die biologische Wunddesinfektion, indem sie die Vermehrung der Keime hemmen und die natürliche Immunität der Zelle steigern.

Die spezifische Wirkung dieser Verbände ermöglicht zahlreiche Anwendungsarten — so zahlreich wie die verschiedenen Lokalisationen der Eitererreger in der Natur sind. Um eine Vorstellung von dem Anwendungsbereich des Antivirus in der Human- und Veterinärmedizin zu geben, genügt es festzustellen, daß sie mit Erfolg angewandt wurde bei Furunkulose, Karbunkel, Panaritium, eitriger Ohrentzündung, Mittelohrabsceß, Bartflechte, Pyodermien der Säuglinge, septischer Endometritis, Cystitis, Pyelonephritis, Knochenmarksentzündung, Erysipel, eitriger Pleuritis, weichem Schanker u. a. mehr.

* * *

Wenn wir uns jetzt von den Keimen mit ausgesprochener Hautaffinität zu denjenigen wenden, die eine Affinität zum Darm besitzen, finden wir das gleiche Gesetz: Die optimale Immunität entsteht durch Vaccinierung des empfänglichen Organes. Ob es sich um Dysenterie, Cholera oder Thyphus handelt, die sicherste Immunität wird durch Enterovaccination erzielt.

Wir beginnen mit der Ruhr: Die Erfahrungen an den Laboratoriumstieren, besonders an Kaninchen, haben gelehrt, daß sie sich leicht auf oralem Wege vaccinieren lassen. Es genügt, sie abgetötete Ruhrbacillenkulturen schlucken zu lassen, um nach kurzer Zeit eine Immunität gegen die Infektion mit Shigabacillen zu erzielen. Der Mechanismus dieser Immunität erklärt sich für uns folgendermaßen:

Alsbald nach der ersten Aufnahme der Antidysenterie-Vaccine bilden sich auf der Darmschleimhaut durch das Endotoxin im Bakterienleib des Shigabacillus spezifische Erosionen, eine Art abgeschwächte Dysenterie. Mit Hilfe dieser Erosionen, die übrigens ganz oberflächlich sind, gelangt ein Teil der Vaccine durch die Scheidewand der Darmschleimhaut und dringt in den Kreislauf ein. Daher rührt die Anwesenheit von Antikörpern, besonders von Agglutininen, die man nach der ersten Einführung der Vaccine in den Darm beobachtet. Aber die durch jene erste Aufnahme verursachten Gewebsdefekte vernarben bald: Von da ab setzt die durch die Darmschleimhaut dargestellte Scheidewand die nun für das Endotoxin unempfindlich geworden ist, dem Dysenteriantigen eine unüberwindbare Schranke entgegen. Antikörper können sich nicht mehr bilden. Die schon vorhandenen werden allmählich eleminiert. Es geht also folgendes vor sich: Nach der zweiten oder dritten Aufnahme der Vaccine, d. h. dann, wenn die durch orale Vaccinierung erworbene Immunität am deutlichsten ist, fehlen die Antikörper.

Wir müssen also annehmen, daß in diesem Falle, die Immunisierung wenigstens zum großen Teile auf die Vaccinierung der Darmschleimhaut, d. h. auf einen lokalen Vorgang zurückzuführen ist.

* * *

Beim Typhus und bei der Cholera, die, wie wir erweisen konnten, in gleichem Maße wie die Ruhr Darminfektionen sind, stieß die perorale Vaccinierung anfangs auf Schwierigkeiten, die wir von der Ruhr her nicht kannten. Bei letzterer übernimmt es das in der Vaccine enthaltene Endotoxin, den Schleim zu entfernen, mit dem die Darmwand ausgekleidet ist und der zwischen die Vaccine und die zu vaccinierenden Zellen geschaltet ist.

Bei den Vaccinen gegen Typhus und Cholera ist es anders. Sie enthalten kein derartiges Endotoxin, das den Schleim entfernen kann; sie sind also nicht fähig, sich aus eigenen Kräften den Weg zu den empfänglichen Zellen zu bahnen. Wenn man sie sich selbst überläßt, gleiten diese Vaccinen per os angewandt, durch den Darmkanal und werden dann nach außen ausgeschieden, ohne die empfindlichen Zellen zu berühren. Damit sie ihre Vaccinationswirkung ausüben können, muß man ihnen zu Hilfe kommen. Das geeignetste Mittel dazu schien uns darin zu bestehen, daß wir die desquamierende Wirkung der Galle zu Hilfe nahmen.

Wie uns die Erfahrung gelehrt hat, gelingt es, wenn man durch eine Vorbehandlung des Darmes mittels Galle seine Epitheldecke reinigt und dadurch die Vaccine in die Reichweite der empfänglichen Zellen bringt, leicht, die Immunität zu erzielen. Ein Kaninchen, an das man zuerst nüchtern eine bestimmte Menge Galle und dann Bakterienleiber der Typhus —, Paratyphusgruppe oder von Cholera verfüttert, verträgt eine tödliche Dosis der entsprechenden Keime, an der es sicherlich zugrunde gehen würde, wenn man es unterlassen hätte, ihm vor der Vaccination Galle zuzuführen.

Beim Menschen sind perorale Vaccinierungen gegen Ruhr, Cholera und die Typhusgruppe bereits in weitem Umfange ausgeführt worden. Hunderttausende sind heute schon auf diesem Wege vacciniert worden. Wenn uns auch noch der notwendige Rückhalt fehlt, um ein definitives Urteil über den Wert dieser Vaccinierungen zu fällen, so kann man doch schon jetzt aussagen, daß sie unschädlich sind und daß ihre Wirkung der auf subcutanem Wege erhaltenen nicht unterlegen ist.

Die Zahl der Infektionskrankheiten, bei denen man aus der lokalen Immunisierung Nutzen ziehen kann, ist mit den Erkrankungen, die wir soeben betrachtet haben, bei weitem nicht erschöpft. Wir haben nur die eindruckvollsten gewählt, um mit ihnen jenes biologische Gesetz zu illustrieren, daß der Mechanismus der Vaccinierung dem Infektionsgeschehen nachgebildet werden muß: Der lokalen Infektion muß die lokale Vaccinierung entgegengesetzt werden, denn jedes Bakterium hat seine Zelle und jede Zelle hat ihre Immunität.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Die Krystallstruktur der Alkalimetalle.

Im Februarheft der „Physical Review" findet sich auf Seite 354 eine kurze Notiz über einen von K. HOROVITZ gehaltenen Vortrag, in der eine röntgenographische Strukturbestimmung des Kaliums mitgeteilt wird. Das Wesentliche seiner Methode besteht darin, daß eine in der Camera selbst durch Verdampfung hergestellte dünne Schicht des Metalls untersucht wird. Da wir ebenfalls ein derartiges Verfahren ausgebildet und vor einiger Zeit zur Strukturbestimmung der Alkalien benutzt haben, die Veröffentlichung in der Dissertation des einen von uns jedoch noch einige Monate dauern wird, so möchten wir hier kurz Methode und Ergebnisse mitteilen.

In der Mitte einer evakuierbaren DEBYE-Camera befindet sich, in einem Kupferrahmen eingespannt, ein dünnes Celluloidhäutchen. Der Rahmen steht in metallischer Verbindung mit dem Innenteil eines Dewargefäßes, so daß das Häutchen auf tiefe Temperatur gebracht werden kann. In einem Ansatzrohr ist — durch einen Schliff einsetzbar — ein kleiner, elektrisch heizbarer Ofen aus Quarzglas derart angebracht, daß seine Achse auf die Mitte des Häutchens hinzielt. Nach Evakuierung der Camera und Kühlung des Häutchens wird das mit der Substanz beschickte Öfchen angeheizt. Von ihm gehen dann Atomstrahlen aus, die sich auf dem Häutchen niederschlagen, was durch ein Fenster beobachtet werden kann. Die so entstandene Schicht, deren Dicke bei unsern Versuchen einige hundertstel Millimeter betrug, wird dann der Röntgenstrahlung ausgesetzt.

Wir untersuchten zunächst Natrium und Kalium, dann unter Mitwirkung von Frl. CL. v. SIMSON auch Rubidium und Caesium. Es ergab sich für alle vier Metalle ein kubisches, raumzentriertes Gitter, wie es für die zwei ersten — wenn auch nur mit ungenauen Daten — schon bekannt war. In der folgenden Tabelle sind die Gitterkonstanten bei $T = 90°$ abs. und die daraus berechneten Dichten angegeben, ferner Dichte und Atomvolumen am abs. Nullpunkt, errechnet nach der GRÜNEISENschen Beziehung unter Berücksichtigung der neuen charakteristischen Temperaturen[1]).

	$a_{T=90°}$ (Å)	$d_{T=90°}$	$d_{T=0}$	$V_{T=0}$ (ccm)
Na	4,24	$0{,}99_6$	1,00	23,0
K	5,25	$0{,}89_2$	0,90	43,5
Rb	5,62	1,59	1,61	53,1
Cs	6,05	1,98	2,01	66,2

Unsere bei 90° gefundenen Dichten stimmen mit den bekannten Dichten bei Zimmertemperatur vorzüglich überein, wenn man sie mit Hilfe der GRÜNEISENschen Formel auf gleiche Temperatur reduziert. Die Fehlergrenze der röntgenographischen Gitterbestimmung beträgt etwa $^1/_2$%. Diese Genauigkeit wurde trotz verschiedener hinderlicher Momente dadurch erzielt, daß das Celluloidhäutchen zunächst dünn versilbert wurde, so daß die auf dem Film mit erscheinenden Silberlinien zur Eichung verwendet werden konnten.

Da GOLDSCHMIDT[2]) kürzlich erwähnte, daß er für Kalium bei Zimmertemperatur ein tetragonales Gitter gefunden hat, haben wir Natrium und Kalium nach Herstellung der Schicht auf gewöhnliche Temperatur gebracht und dann nach einigen Stunden aufgenommen. Wir fanden jedoch das gleiche Gitter wie bei tiefer Temperatur. Daß in unserem Falle nur eine Verzögerungserscheinung vorliegt, ist uns aus drei Gründen unwahrscheinlich: 1. wegen der hohen reduzierten Temperatur, die für diese Metalle die Zimmertemperatur bedeutet; 2. wegen der schon erwähnten Übereinstimmung unserer röntgenographischen Dichte mit der pyknometrisch bei Zimmertemperatur gemessenen, und 3. hauptsächlich, weil sich in dem von 15° abs. bis zum Schmelzpunkt bekannten Verlauf der spez. Wärmen[3]) nicht das geringste Anzeichen für eine Umwandlung findet.

Berlin, den 2. April 1927. F. SIMON. E. VOHSEN.

[1]) F. SIMON, Berl. Ber. 1926, S. 477.
[2]) V. M. GOLDSCHMIDT, Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente. VII, S. 17. Oslo 1926.
[3]) F. SIMON und W. ZEIDLER, Zeitschr. f. physikal. Chemie **123**, 383. 1926.

Besprechungen.

TEN BRUGGENCATE, P., **Sternhaufen.** Siebenter Band der naturwissenschaftlichen Monographien und Lehrbücher. Berlin: Julius Springer 1927. 158 S., 36 Abbildungen und 4 Tafeln. Preis geh. RM 15.—, geb. RM 16,50.

Die eingehenden Studien über Kugelsternhaufen haben in den letzten 10 Jahren unsere Kenntnisse über ihre Natur und kosmogonische Stellung so erweitert, daß wir heute über diese fernen und lichtschwachen Himmelsobjekte fast ebenso orientiert sind wie über unser lokales Sternsystem.

Jeder, der auf dem Gebiet der Sternhaufen arbeitet, wird bei dem Zusammensuchen der Literatur das Fehlen einer einheitlichen Bearbeitung, das uns die Ergebnisse bis zum heutigen Stand darstellt, als großen Mangel empfunden haben. Es ist daher die vorliegende Monographie über Sternhaufen ganz besonders zu begrüßen; es ist nicht nur ein unentbehrliches Hand- und Nachschlagebuch für den Forscher, sondern es wird auch für jeden, der sich über die Bedeutung der Sternhaufen für die Kosmogonie, ihre Stellung zu den Sternen usw. orientieren will, ein nützliches Lehrbuch sein.

Im ersten Kapitel behandelt der Verfasser die Stellung der Sternhaufen zum Sternsystem. Die Einteilung der Sternhaufen geschieht nach ihrem Aussehen in offene und kugelförmige. Das Studium der scheinbaren Verteilung der Haufen zur Milchstraßenebene, die ja für das engere Sternsystem Symmetrieebene ist, zeigt, daß die Kugelhaufen sich fast alle auf einer Himmelshalbkugel befinden. Die Sonne, die sich nahezu im Mittelpunkt unseres lokalen Sternsystems befindet, nimmt zum System der Kugelhaufen eine exzentrische Stellung ein. Die offenen Sternhaufen sind gleichmäßig über die Himmelskugel verteilt, sie bevorzugen die Milchstraßenregion. Für beide Arten von Sternhaufen bildet die Milchstraßenebene eine ausgesprochene Symmetrieebene. Zur Entfernungs-

bestimmung der Haufen stehen nur indirekte Methoden zur Verfügung. Leider lassen sich auch keine Parallaxen aus Eigenbewegungen ableiten, denn es ist bisher noch nicht gelungen, obwohl Beobachtungen mit Zeitintervallen von 90 Jahren zur Verfügung stehen, innere Bewegungen im Haufen mit Sicherheit nachzuweisen. Dreierlei Methoden kommen zur *Besprechung:* die Methode von SHAPLEY, CHARLIER und SCHOUTEN. SHAPLEY benutzt zur Entfernungsbestimmung die Beziehung, die bei Veränderlichen des δ-Cephei-Typus zwischen der Periode des Lichtwechsels und der absoluten Größe (Parallaxe) besteht. Unter der Voraussetzung, daß die δ-Cephei-Sterne in Sternhaufen vergleichbar mit den δ-Cephei-Sternen des engeren Sternsystems seien, leitet er aus der beobachteten Lichtperiode von Veränderlichen des Haufens mit Hilfe der erwähnten Beziehung zwischen absoluten Größen und Lichtwechselperiode Parallaxen ab. Unter Benutzung alles bisher bekannten Beobachtungsmaterials hat der Verfasser kritisch die SHAPLEYsche Hypothese eingehend diskutiert. CHARLIER geht von der Hypothese aus, daß die Sternhaufen alle nahezu dieselben linearen Dimensionen haben (eine Voraussetzung, die nach Annahmen der SHAPLEYschen Parallaxen empirisch bestätigt wird). Es ist daher die Entfernung umgekehrt proportional dem scheinbaren Durchmesser. Die relativen Entfernungen ergeben sich so aus den Winkeldurchmessern. Der Nullpunkt oder die absolute Entfernung ergibt sich dann bei CHARLIER aus der Hypothese, daß die Haufen zur Milchstraße selbst gehören, deren Dimensionen er aus der Entfernung der B-Sterne ableitet. Die Methode KAPTEYN-SCHOUTEN beruht auf der Voraussetzung, daß die Beziehung zwischen der absoluten Helligkeit und der Häufigkeit ihres Vorkommens, wie sie sich für die Sterne des galaktischen Systems ergab, auch für die Sternhaufen gültig ist. Von allen drei Methoden dürfte die SHAPLEYsche diejenigen Parallaxen liefern, die am wahrscheinlichsten sind. Das erste Kapitel beschließt eine Diskussion der Farbenhelligkeitsdiagramme der Kugelhaufen; ihr Studium gestattet einen Vergleich für die drei obigen Hypothesen und spricht für die Richtigkeit der Größenordnung der Parallaxen SHAPLEYS; wahrscheinlich sind wenigstens bei den offenen Haufen die Werte der Parallaxen noch zu verdoppeln. Die Kugelsternhaufen sind also selbständige Sterngruppen, die weit außerhalb des engeren Sternsystems sich befinden.

Das zweite Kapitel behandelt den inneren Aufbau dieser Sternsysteme und die Dichtegesetze der Sternhaufen. Zunächst einmal kann man durch einfache Abzählung der bildlichen Projektion eines Haufens, die von dem Zentrum aus in konzentrische Kreisringe oder Sektoren geteilt ist, eine Vorstellung von der Dichteverteilung in der Projektion erhalten. v. ZEIPEL hat dann die Lösung gegeben, hieraus die räumliche Dichteverteilung abzuleiten. Die ZEIPELsche Lösung führt auf eine ABELsche Integralgleichung, die der Verfasser weiter diskutiert. Die räumliche Dichtefunktion läßt sich nun mit den theoretischen Dichtegesetzen in Gaskugeln vergleichen. Diese Untersuchungen: „die Sternhaufen als Gaskugeln", hat der Verfasser besonders eingehend behandelt. Es zeigt sich, daß die Dichtegesetze der Sternhaufen mit dem SCHUSTERschen Gesetz (einer nach Polytropen $n = 5$ aufgebauten Atmosphäre) formal gut übereinstimmen. Die Abweichungen, die sich im Zentrum und nach dem Rande zu ergeben, lassen sich am besten durch Dichtegesetze beschreiben, die in Übereinstimmung mit dem SCHUSTERschen Gesetz auf endliche Masse bei unendlichem Radius des Systems führen. Interessant sind die Betrachtungen über Bestimmung von Massenverhältnissen von Sternen in Sternhaufen; man besitzt hier eine Arbeitshypothese, die voraussetzt, daß die Geschwindigkeitsverteilung dem MAXWELLschen Verteilungsgesetz folgt, und daß die Sterne verschiedener Masse sich unabhängig anordnen. Beide Voraussetzungen sind sicher nicht streng erfüllt, trotzdem liefern die Massenschätzungen jedenfalls annehmbare Näherungen. Die Voraussetzungen der oben besprochenen Dichtegesetze gelten für Kugelsymmetrie. Nun zeigen aber bei vielen Sternhaufen die Projektionen deutlich elliptische Anordnung. Diese von FREUNDLICH, HEISKANEN, PEASE und SHAPLEY gefundene Spiralstruktur wirft einen neuen Fragenkomplex auf: „Die Probleme der ellipsoidförmigen Sternhaufen. Zunächst bespricht in diesem Kapitel der Verfasser die aus Abzählungen SHAPLEYS gefundenen statistischen Daten: Offenbar sind bei großen Entfernungen der ellipsoidförmigen Sternhaufen von der Milchstraßenebene die Neigungen der großen Achse zufällig verteilt, bei geringen Abständen von der galaktischen Ebene scheint ein Gang angedeutet zu sein. Zur Beurteilung dieser statistischen Betrachtung diskutiert der Verfasser eingehend die Frage nach der Abhängigkeit, der Gestalt und räumlichen Lage der ellipsoidförmigen Haufen von dem Bilde seiner Projektion und deren Lage am Himmel. Zum Schluß des zweiten Abschnittes wird noch über die Möglichkeit berichtet, aus der verschiedenen Anordnung der hellen und schwachen Sterne des Haufens deren Massenverhältnis abzuleiten.

Im dritten Abschnitt des Buches werden allgemeine theoretische Untersuchungen zum Aufbau der Sternhaufen gegeben. Im ersten Paragraphen finden wir Betrachtungen über den Aufbau der Sternhaufen im Vergleich mit dem Aufbau der Gaskugeln. Es zeigt sich, daß die Gesetze der Gastheorie keineswegs die Konstitution der Sternhaufen zu beschreiben vermögen. Und doch stellt rein formal das SCHUSTERsche Gesetz $(n = 5)$ die empirisch gefundene Dichteverteilung der Sternhaufen dar. Theoretische Untersuchungen über das Gesetz von SCHUSTER zeigen, daß dieses Gesetz für Sternhaufen mit endlicher Sternzahl die dünnste überhaupt mögliche Verteilung ergibt; diese ausgezeichnete Eigenschaft scheint eine Erklärung für die formale Übereinstimmung zu sein. Eine weitere Eigenschaft der polytropen Gaskugel $n = 5$ kommt im folgenden Paragraphen zur Besprechung, es handelt sich um Dichtegesetze, bei denen die Grenzgeschwindigkeit eines Sternes, d. h. die Geschwindigkeit, die ein Stern haben muß, um in radialer Richtung die Grenze des Haufens zu erreichen, gleich derjenigen Geschwindigkeit ist, die für ihn ausreicht, um dem Anziehungsbereich des Haufens zu entfliehen.

Im Schlußkapitel werden die Verhältnisse diskutiert, die sich bieten, wenn die Gravitationsfelder äußerer Materie nicht vernachlässigt werden. Unter diesen Voraussetzungen ist die Möglichkeit der Auflösung der Haufen gegeben.

Ganz besonders interessant sind die längeren Ausführungen des letzten Kapitels, die eine Bedeutung der Sternhaufen für eine „empirische" Kosmogonie skizzieren. Das Wesentliche der Farbenhelligkeitsdiagramme (F.H.D.) der Sternhaufen ist, daß sie im Vergleich mit dem F.H.D. unseres Sternsystems (RUSSELL-Diagramm) immer nur einen Teil des Diagramms bedecken. Eingehend bespricht der Verfasser die Bedeutung des RUSSELL-Diagramms und disku-

tiert die F.H.D. der Sternhaufen. Unter plausiblen Grundhypothesen ergeben sich folgende wichtige Folgerungen: Die Sternhaufen sind desto älter, je offener sie uns erscheinen. Die Betrachtung des F.H.D. vom Kugelhaufen Messier 3 über die offenen Haufen M. 11 und M. 37 bis zu dem der offenen Sterngruppe N.G.C. 1647 zeigt deutlich den Lebensweg der Sterne vom roten Riesen (bei M. 3) bis zum roten Zwerg (bei N.G.C. 1647). Es ist also wohl wahrscheinlich, daß man auch das F.H.D. der Sterne unseres Sternsystems als Entwicklungsdiagramm zu deuten hat. Im Schlußkapitel des Buches wird die Lichtabsorption in offenen Sternhaufen behandelt. Das Vorhandensein von absorbierenden Nebelmassen gerade in den offenen Sternhaufen (es liegen zugrunde Untersuchungen der Haufen N.G.C. 1647, Plejaden und Hyaden), ihr Fehlen in den jüngeren Kugelhaufen kann man wohl sicher als weitere Stütze der kosmogonischen Betrachtungen ansehen.

Rolf Müller, Berlin-Potsdam.

HENRI, VICTOR, **Structure des Molécules.** Conférences faites au laboratoire de M. Ch. Moureu et à la Société de Chimie Physique. Paris: J. Hermann 1925. 122 S. Preis Frs. 20.—.

Das Buch enthält fünf im Jahre 1925 in Paris gehaltene und vom Verfasser in Einzelheiten noch weiter ausgearbeitete Vorträge: I. Polarité des molécules; II. Structure des molécules, determinée par les rayons X, III. Spectres d'absorption des vapeurs et structure des molécules; IV. Prédissociation des molécules; V. Structure du benzene et de ses derivés. In klarer Sprache geschrieben, von zahlreichen Literaturhinweisen versehen, ist das Buch vor allem sehr wertvoll, indem es eine Übersicht gibt über die schönen und wichtigen experimentellen Resultate, die Henri und seine Schüler im letzten Jahrzehnt in Zürich erhalten haben. Das große Material, das durch diese Versuche über die Absorption von gelösten und gasförmigen organischen Stoffe im sichtbaren und ultravioletten Spektrum gesammelt worden ist, erfüllt uns in der Tat mit Bewunderung und bildet einen der wichtigsten Beiträge zu unserer heutigen Kenntnis der Struktur der Moleküle. Zwar sind wir noch weit davon entfernt, daß wir die Struktur dieser Absorptionsspektren bis in Einzelheiten deuten können; wir müssen aber bedenken, daß die Struktur der einfachsten Bandenspektren uns ja heute noch vor viele Rätsel stellt, die mit der jetzigen Unvollkommenheit der Quantentheorie des Molekülbaues eng zusammenhängen.

Besonders anregend ist der 4. Vortrag, der von der merkwürdigen, von Henri aufgedeckten Tatsache handelt, daß die Absorptionsbanden im allgemeinen, beim Fortschreiten nach kürzeren Wellenlängen, an gewissen Stellen in diskontinuierlicher Weise ihre Schärfe einbüßen. Dies wird in plausibler Weise mit einer Herabsetzung der Bindungsfestigkeit der Atome in den angeregten Molekülzuständen (Zustände einer „Prädissoziation") in Verbindung gebracht. Ob man aber hier ohne weiteres von einer Unschärfe der Quantelung sprechen darf, wie der Verfasser es tut, ist wohl noch fraglich, besonders wenn er diese Unschärfe auf eine anomal kurze Lebensdauer (10^{-11} sek.) der Zustände zurückführen will.

Der erste Vortrag erzählt sehr schön von den älteren und modernen Theorien, auf deren Grundlage die Eigenschaften der elektrischen Polarisation der Moleküle aus den Versuchen abgeleitet werden können. Ref. möchte aber die Sicherheit mehrerer für das elektrische Dipolmoment von Molekülen angeführten Daten anzweifeln.

Die am Schluß beigefügten Abbildungen von Spektrogrammen sind leider nicht alle gleich deutlich ausgefallen.

H. A. Kramers, Utrecht.

v. KRIES, JOHANNES, **Wer ist musikalisch?** Gedanken zur Psychologie der Tonkunst. Berlin: Julius Springer 1926. X, 154 S. Preis geh. RM 5.70, geb. RM 6.60.

Zunächst ist festzustellen, daß es für den, der Schriften moderner Musiker und Musikschriftsteller zu lesen gezwungen ist, ein wahres Labsal bedeutet, in dieser Schrift einmal klar und logisch, mit wissenschaftlicher Sachlichkeit und völliger Beherrschung des Gegenstandes, ohne Phrasen und in richtigem, gutem Deutsch Grundfragen des musikalischen Erlebens erörtert zu sehen. Hier finden alle Gebildeten, die sich für das Wesen und die Hauptmerkmale derjenigen menschlichen Veranlagung interessieren, die man „Musikalität" nennt, wirkliche geistige Nahrung, keinen Brei von Redensarten, keine Schaumschlägerei, keine tiefsinnig sein sollende Geheimnistuerei, sondern klare Worte, wissenschaftlich begründete Tatsachen, anregende Gedanken, scharfsinnige Beobachtungen und zwingende Schlußfolgerungen. Das Büchlein wird jeder Musiker mit ebenso großem Nutzen lesen wie jeder Liebhaber der Musik. Besonders sei es allen denen empfohlen, die sich beruflich oder aus persönlicher Neigung mit Fragen der musikalischen Erziehung befassen. Nachdem der Verfasser in der Einleitung die verschiedenen Merkmale und Arten der musikalischen Veranlagung erörtert hat, behandelt er in den folgenden Kapiteln „die intellektuelle Verarbeitung des Gehörten", „die Grundlagen des musikalisch Schönen", „die Erzeugung schönheitsfremder Gefühle durch Musik", „die Umwertung der Musik", „die Arten der Musikalität" und schließt mit Bemerkungen „zur Psychologie einzelner musikalischer Betätigungen". Aus allen seinen Darlegungen geht hervor, daß er zu den Musikfreunden alten Schlages gehört, die in das Wesen der Musik tiefer eingedrungen sind als viele Fachmusiker und die infolgedessen auch viel bessere Führer und Erzieher für das heranwachsende Geschlecht sind als so mancher Musiklehrer und Musikschriftsteller. Was in dem Buche steht, ist in einem langen Leben innerlich erlebt, durchdacht und durchfühlt. Das Buch gehört in alle musikalischen Volksbibliotheken, in die Büchereien höherer Schulen; man sollte es in den deutschen Konzertsälen dem Publikum neben den Führern und Taschenpartituren zum Kauf anbieten, denn es ist eines der anregendsten Bücher zur Erhaltung der Musikalität in den höheren Volksschichten, es bewahrt vor blödem Musikgenießertum, wie es jetzt vielfach Mode wird, es verhilft mit zu wirklichem Erwerb, zu geistigem Besitz der künstlerischen Werte, die wir von den Vätern ererbt haben.

Georg Göhler, Altenburg.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.